はじめに

本講座は，生物を学ぶ人に向けた，基礎的な生命現象の理解と知識の習得を目標とした講座です。

本講座では，生物の内容全体を大きく５つに分けて扱います。

まず，生物が進化してきた過程やその原理を学びます。すべての生物は共通の祖先に由来し，長い時間をかけて多様な環境に合わせて進化してきました。その結果が，生物がもつ共通性と多様性という二面性に表れています。進化を学ぶことは，生物のさまざまな側面の土台を学ぶことになります。

次に，生物の物質としての側面に注目して，細胞やタンパク質，代謝について扱います。生物がどのようなモノでできているのか，“生きる”ためには体のなかでどのような反応が起こっているのか，これらを学んでいきましょう。３つ目には，遺伝子と発生について扱います。DNA が“遺伝子”として働くことは知っているかもしれませんが，化学物質である DNA によって生物の特徴がどのように決定していくのか，その過程を学んでもらいます。４つ目には,生物の環境応答を扱います。生きていくためには外の世界を感知し，適切な反応を返す必要があります。この仕組みについて，動物と植物のそれぞれの特徴を知ってもらいます。最後に，生態系の内容を扱います。生態系を構成する要素と，それらの関係性について勉強していきましょう。

自分自身がどのような存在であるのか，その答えに対するアプローチにはさまざまなものがありますが，その手段の一つとして「自分自身の生物としての側面」を知るというものもあります。生物の科目では，全体を通じて，生き物とはどういう存在であるかを学習していきます。そこで学ぶ内容は，皆さんに無関係なものではなく，きっと自分自身を理解するための材料になってくれるでしょう。

ぜひ，生物の勉強を通じて，自分のこと，身近な生物のことに興味をもってください。興味をもつことこそが，一番の勉強のコツです。その一助となれることを楽しみにしています。

牧島　央武

講座の受け方

受講対象

主に「生物」を初めて学ぶ人

講座の構成

各 PART は「講義」「演習問題」「確認テスト」で構成されています。

- **講義**　基本的な知識や重要事項を短い動画で学びます。
- **演習問題**　短い動画を見て，講師と一緒に問題を解きましょう。
- **確認テスト**　授業で学んだ内容を，異なる問題で復習しましょう。

学習の流れ

- **予習**　基本的に不要です。
- **授業**　「講義」と「演習問題」の動画で学びましょう。
- **復習**　授業で学んだ内容を，確認テストで復習しましょう。

テキストの使い方

テキストは重要なところを穴埋め形式にしてあります。授業を受けながら，色ペンなどで埋めていき，復習の際にはそこを中心に確認していくとよいでしょう。

< Note >

目次

前編
第1講 生命の起源と進化
PART1 生命の誕生
PART2 初期の生物の進化
PART3 生物の変遷

第2講 遺伝子の変化と多様性
PART1 塩基レベルの突然変異
PART2 染色体レベルの突然変異

第3講 遺伝子の組み合わせの変化
PART1 染色体と減数分裂
PART2 染色体と遺伝子
PART3 独立
PART4 連鎖

第4講 進化のしくみ
PART1 遺伝子頻度と自然選択
PART2 実際の生物集団の進化
PART3 種分化

第5講 生物の系統と進化
PART1 生物の分類
PART2 分子系統樹
PART3 生物の系統と分類
PART4 人類の進化

第6講 物質と細胞
PART1 細胞の構造
PART2 生体膜
PART3 タンパク質の成り立ち
PART4 化学反応にかかわるタンパク質
PART5 物質輸送と情報伝達にかかわるタンパク質

第7講 代謝
PART1 代謝とエネルギー
PART2 異化ー発酵
PART3 異化ー呼吸
PART4 さまざまな呼吸基質
PART5 光合成と光合成色素
PART6 光合成のしくみ
PART7 さまざまな炭酸同化

後編
第8講 DNA の構造と複製
PART1 DNAの構造
PART2 DNAの複製

第9講 遺伝情報の発現
PART1 遺伝子の発現ー転写
PART2 遺伝子の発現ー翻訳
PART3 遺伝子の発現調節

第10講 動物の発生
PART1 動物の配偶子形成と受精
PART2 カエルの発生
PART3 形成体と誘導
PART4 カエルの発生と遺伝子発現
PART5 ショウジョウバエの発生と遺伝子発現

第11講 バイオテクノロジー
PART1 遺伝子を扱った技術

第12講 受容器
PART1 刺激の受容ー眼
PART2 耳とその他の受容器

第13講 ニューロンと神経系
PART1 ニューロンの興奮
PART2 興奮の伝導と伝達
PART3 神経系

第14講 効果器
PART1 筋肉の構造と収縮
PART2 筋収縮とエネルギー

第15講 動物の行動
PART1 生得的な行動
PART2 学習

第16講 植物の環境応答
PART1 発芽の調節
PART2 成長の調節
PART3 花芽形成の調節
PART4 環境の変化に対する応答
PART5 植物の配偶子形成と受精

第17講 生物の集団
PART1 個体群と個体群密度
PART2 個体群の構成
PART3 種内関係
PART4 種間関係
PART5 生態的地位と種間競争

第18講 物質生産と物質循環
PART1 生態系における物質生産
PART2 物質収支
PART3 エネルギーの流れと物質循環

第19講 生態系と人間活動
PART1 生物多様性と生態系サービス

第1講　生命の起源と進化
PART1　生命の誕生

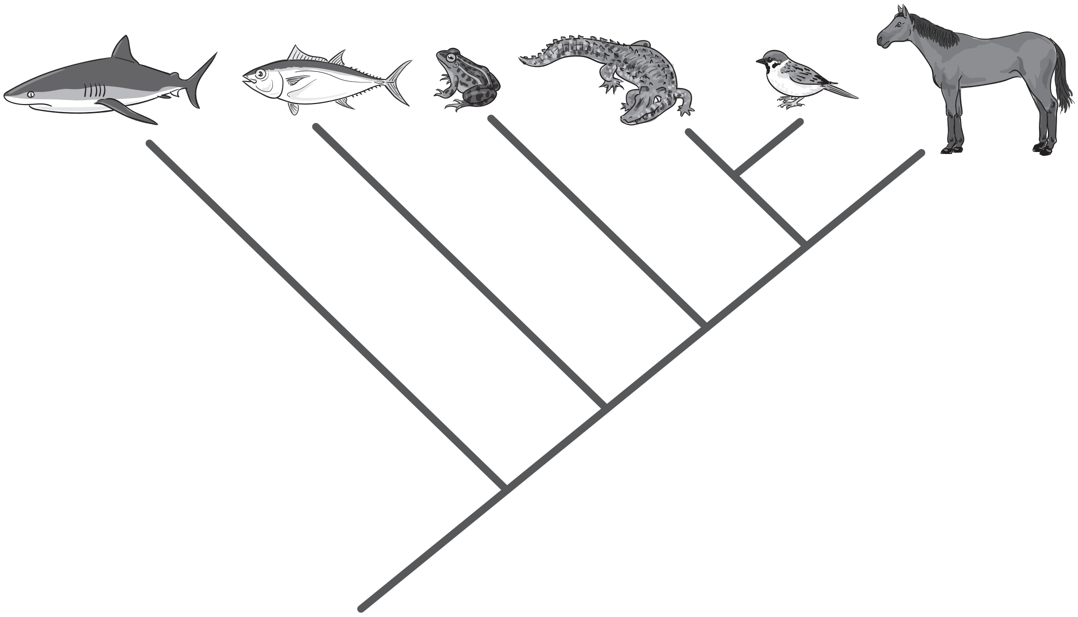
目標
・生物が出現するまでの化学進化を把握する。
・生物が満たす条件を理解する。

Chapter1　生物の共通性と多様性

◆ 生物の共通性と多様性

・（　　　　　）からできている。
・生命活動にエネルギーが必要である。
・遺伝子として（　　　　　）をもっている。
・自己複製能力をもっている。
・内部の環境を安定的に保つしくみをもつ。　など

地球上の生物は，これらの特徴をもつ共通の祖先から，さまざまな環境に合わせて（　　　　）したため，“共通性”と“多様性”をもつと考えられる。



Chapter2　生物の出現

◆ 生物の出現の前提

（　　　　　　）：生物が出現する前の原始地球において，海底の熱水噴出孔などで，雷や紫外線，熱などのエネルギーによって無機物から有機物が合成された過程。このような有機物が生物出現の前提になったと考えられる。

無機物		単純な有機物		複雑な有機物
メタン	→	アミノ酸	→	ペプチド
硫化水素		単糖類		核酸（DNA，RNA）
アンモニア				多糖類
				脂質

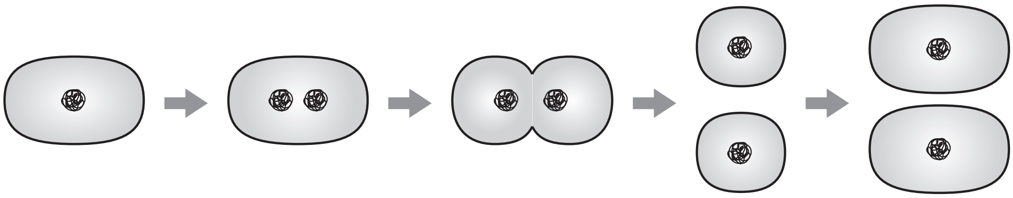
◆ 生物が満たす条件

・膜で隔離されている。

・内部で化学反応（代謝）が起こっている。

・自己複製を行うことができる。

初期の生物は，自己複製が可能な有機物が膜で囲まれ，その特性が後代に受け継がれるようになったことで出現したと考えられる。



より効率よく自己複製できるものが多くの後代を残していくことで，生物の進化が始まった。

まとめ

・生物が出現する以前に，無機物から有機物が合成される化学進化の過程があった。

・自己複製が可能な物質が膜で包まれることで，生物が誕生したと考えられる。

Chapter3　演習問題

問１　生物が出現する前の原始地球において，海底の熱水噴出孔などで無機物から有機物が合成された過程を何というか。

問２　次の①～③について，問１の過程で地球に出現した順番に並びかえよ。

① ペプチド，多糖類，DNA

② メタン，アンモニア，硫化水素

③ 単糖類，アミノ酸

問３　すべての生物がもつ特徴として**誤っているもの**を，次の①～⑥のうちから一つ選べ。

① 遺伝子として DNA をもっている。

② 細胞からできている。

③ 無機物から有機物を合成する。

④ 自己複製能力をもっている。

⑤ 内部の環境を安定的に保つしくみをもつ。

⑥ 生命活動にエネルギーが必要である。

< Note >

第1講　PART1　確認問題

問 1　地球上の生物は多様であるとともに，すべての生物に当てはまる共通点がある。例えば，生物のからだは（　ア　）からできている点，遺伝子として（　イ　）をもっている点，内部の環境を安定的に保つしくみをもっている点などがある。

このように，生物が共通性や多様性をもつのは，同じ祖先から，それぞれの（　ウ　）に合わせて（　エ　）してきたからであると考えられる。

(1)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　組織　　②　器官
③　細胞

(2)　文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　DNA　　②　RNA
③　ADP　　④　ATP

(3)　文中の（　ウ　），（　エ　）に当てはまる語句の組合せとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　ウ：体質　　エ：成長
②　ウ：体質　　エ：進化
③　ウ：環境　　エ：成長
④　ウ：環境　　エ：進化

問２　生物が出現する前の原始地球において，海底の熱水噴出孔などで，(a)無機物から単純な有機物ができ，さらに(b)核酸などの複雑な有機物が合成された過程を（　ア　）という。

(1)　下線部(a)について，無機物として適当でないものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　メタン　　②　アンモニア
③　硫化水素　　④　ペプチド

(2)　下線部(b)について，核酸として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　RNA　　②　FAD　　③　NADP

(3)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　化学進化　　②　分子進化
③　自然選択　　④　突然変異

(4)　生物が誕生する条件として，「膜で隔離される」，「内部で化学反応が起こっている」の他に何が必要か。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　全透性　　②　自己複製能力
③　解糖　　④　光合成

PART2　初期の生物の進化

目標
- 初期の生物の特徴を理解する。
- 初期の生物が出現した順番を把握する。

Chapter1　初期の生物

◆ 初期の生物の変遷

46 億年前　…　地球の誕生
　　↓　（　　　　　　）
40 億年前　…　生命の誕生
　　↓
27 億年前　…　シアノバクテリアの出現
　　↓　　　　　好気性細菌の繁栄
20 億年前　…　真核生物の出現
　　↓
10 億年前　…　多細胞生物の出現

	先カンブリア時代							古生代						中生代							新生代			
（億年前）	46	40	27		20	10	6.5	5.4	4.9					2.5							0.66			
できごと	地球の誕生	生命の誕生	シアノバクテリア出現	好気性細菌の繁栄	真核生物の出現	多細胞生物の出現	エディアカラ生物群	カンブリア紀の大爆発	オゾン層の形成	魚類の出現	両生類の出現	裸子植物の出現	爬虫類の出現	爬虫類の繁栄	哺乳類の出現	恐竜類など大型爬虫類の繁栄	裸子植物の繁栄	鳥類の出現	被子植物の出現	大型爬虫類の絶滅	鳥類や哺乳類の繁栄	被子植物の繁栄	人類の出現	ヒトの出現

◆ 初期の生物の特徴

・最初に出現した生物の可能性

化学進化で蓄積した有機物を取り込んで利用する（　　　　　　）生物：嫌気性細菌

化学エネルギーを利用して有機物を合成する（　　　　　　）生物：化学合成細菌

光エネルギーを利用して有機物を合成する（　　　　　　）生物：光合成細菌

Chapter2 生物の代謝の変遷

◆ 光合成の進化

・約 27 億年前に出現した（　　　　　　　　　　）の光合成によって，地球の酸素濃度が上昇し，その後の生物の進化に大きな影響を与えた。

光合成細菌による光合成

…硫化水素（H_2S）を用いた光合成で，酸素を発生しない。例 緑色硫黄細菌

$$6CO_2 + 12H_2S \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 12S$$

シアノバクテリアによる光合成

…水を用いた光合成で，酸素を発生する。

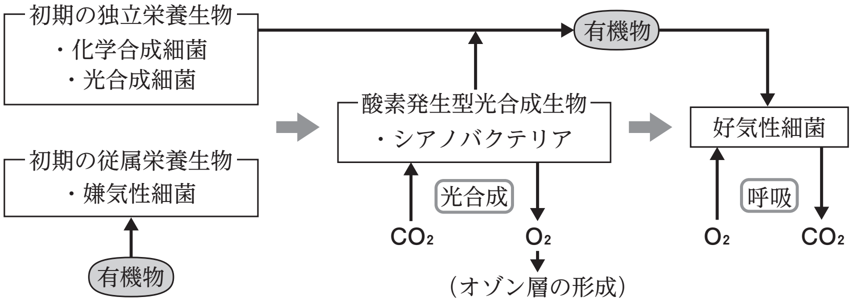
$$6CO_2 + 12H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 6O_2$$

酸素の発生によって，海水中の鉄イオンが沈殿し，酸化鉄の層（縞状鉄鉱層）が形成された。

シアノバクテリアの堆積物は（　　　　　　　　　　）とよばれ，現在でもオーストラリアで観察される。

◆ 好気性細菌の繁栄

シアノバクテリアの光合成によって酸素濃度が上昇することで，酸素を利用して有機物を分解する好気性細菌が出現した。



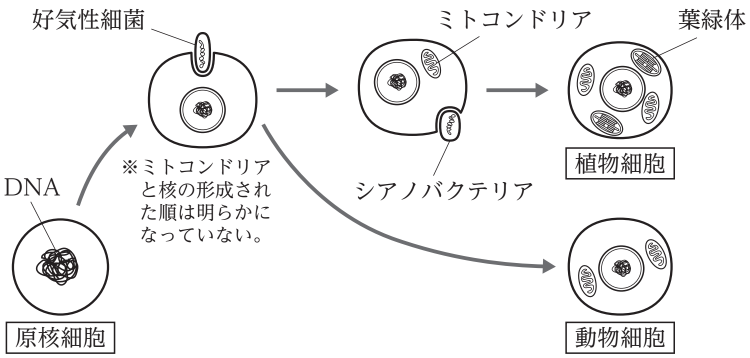
Chapter3　真核生物と多細胞生物の出現

◆ 真核生物の出現

・およそ 20 億年前に，真核生物が出現したと考えられる。真核生物がもつミトコンドリアや葉緑体は，宿主となる細胞に別の原核細胞が共生する，（　　　　　　　　）が起こったことで獲得されたと考えられている。

好気性細菌の共生　→　ミトコンドリア

シアノバクテリアの共生　→　葉緑体



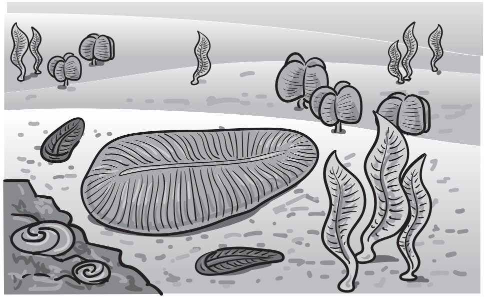
・細胞内共生の根拠

内部に独自の DNA をもつ。

細胞内で**分裂**によって増殖する。

◆ 多細胞生物の出現

・およそ 10 億年前に，多細胞生物が出現したと考えられる。初期の多細胞生物の化石として，オーストラリアで発見された（　　　　　　　　　　　）が知られている。



・地球の誕生から 5.4 億年までの時代は先カンブリア時代という。その後，外骨格をもった多細胞生物が出現し，多くの化石が残るようになる古生代という時代に入る。

まとめ

・生物の出現初期には，嫌気性細菌や化学合成細菌などが出現した。

・シアノバクテリアの光合成によって酸素濃度が上昇した。

・細胞内共生により真核生物が出現した。

Chapter4　演習問題

最初に誕生した生命は，原始海洋中に存在する有機物からエネルギーを得る（　ア　）の原核生物であったと考えられてきた。しかし近年，100 ℃にも及ぶ高温でも増殖でき，細胞内で無機物から有機物を合成する能力をもつ化学合成生物が発見され，これを始原生物のモデルとして考える推論もある。また，光合成細菌のような（　イ　）生物もこの時期に出現したと考えられる。やがて約 30 億年前になると，水素または硫化水素の代わりに地球上に豊富に存在する水を利用し，二酸化炭素と水を用いて炭酸同化を行う（　ウ　）生物である（　エ　）が出現した。（　エ　）が浅い海の表面で大量に増殖することにより形成された（　オ　）が化石として残っている。

また，大規模な（　カ　）が形成されたのも同じ時期で，酸素は海水中の金属と反応して，その金属の酸化物を大量に堆積させた。

大気中の酸素の増加は，呼吸により効率よくエネルギーを獲得する好気性細菌の繁栄を可能にし，その後の(1)<u>真核生物の出現</u>を促した。

問 1　文章中の（　ア　）～（　ウ　）に入る語句の組み合わせとして最も適当なものを，次の①～⑧のうちから一つ選べ。

	（　ア　）	（　イ　）	（　ウ　）
①	嫌気性従属栄養	非酸素発生型光合成	酸素発生型光合成
②	好気性従属栄養	非酸素発生型光合成	酸素発生型光合成
③	嫌気性従属栄養	酸素発生型光合成	非酸素発生型光合成
④	好気性従属栄養	酸素発生型光合成	非酸素発生型光合成
⑤	嫌気性独立栄養	非酸素発生型光合成	酸素発生型光合成
⑥	好気性独立栄養	非酸素発生型光合成	酸素発生型光合成
⑦	嫌気性独立栄養	酸素発生型光合成	非酸素発生型光合成
⑧	好気性独立栄養	酸素発生型光合成	非酸素発生型光合成

問２　文章中の（　エ　）～（　カ　）に入る語句の組み合わせとして最も適当なものを，次の①～⑧のうちから一つ選べ。

	（　エ　）	（　オ　）	（　カ　）
①	シアノバクテリア	縞状鉄鉱層	ストロマトライト
②	シアノバクテリア	縞状鉄鉱層	エディアカラ生物群
③	シアノバクテリア	ストロマトライト	縞状鉄鉱層
④	シアノバクテリア	ストロマトライト	エディアカラ生物群
⑤	緑色硫黄細菌	縞状鉄鉱層	ストロマトライト
⑥	緑色硫黄細菌	縞状鉄鉱層	エディアカラ生物群
⑦	緑色硫黄細菌	ストロマトライト	縞状鉄鉱層
⑧	緑色硫黄細菌	ストロマトライト	エディアカラ生物群

問３　下線部⑴の真核生物の細胞には，ミトコンドリアや葉緑体などの細胞小器官が存在する。次の⒳と⒴の解答の組み合わせとして最も適当なものを，下の①～④のうちから一つ選べ。

⒳　ミトコンドリアと葉緑体はどちらが先に獲得されたと考えられるか。

⒴　ミトコンドリアは，どのような生物が，宿主となる細胞に細胞内共生することによって出現したと考えられるか。

	⒳	⒴
①	ミトコンドリア	シアノバクテリア
②	ミトコンドリア	好気性細菌
③	葉緑体	シアノバクテリア
④	葉緑体	好気性細菌

第1講 PART2 確認問題

問１　約（ ア ）億年前，(a)最初の生物が誕生したと考えられている。その後，(b)ある生物の出現により，地球上の酸素濃度が上昇し，酸素を利用して有機物を分解する（ イ ）が出現した。

(1)　文中の（ ア ）に当てはまる数として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　20　　②　27
③　40　　④　46

(2)　下線部(a)について，最初に出現した生物のうちの１つとして考えられている，化学進化で蓄積した有機物を取り込んで利用する生物を何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　従属栄養生物　　②　独立栄養生物
③　単細胞生物　　④　多細胞生物

(3)　下線部(b)について，光合成を行い，その後の生物の進化に大きな影響を与えた生物として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　アゾトバクター　　②　シアノバクテリア
③　クロストリジウム　　④　緑色硫黄細菌

(4)　文中の（ イ ）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　化学合成細菌　　②　光合成細菌
③　好気性細菌　　④　嫌気性細菌

問 2　約（　ア　）億年前に，細胞内共生により真核生物が出現したと考えられる。真核生物がもつミトコンドリアは好気性細菌が，葉緑体は（　イ　）が共生して獲得されたと考えられている。

また，約 10 億年前に，多細胞生物が出現したと考えられており，初期の多細胞生物の化石として，オーストラリアで発見された（　ウ　）が知られている。

(1)　文中の（　ア　）に当てはまる数として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　20　　②　27
③　40　　④　46

(2)　文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　緑色硫黄細菌　　②　化学合成細菌
③　嫌気性細菌　　④　シアノバクテリア

(3)　文中の（　ウ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　バージェス動物群　　②　チェンジャン動物群
③　エディアカラ生物群　　④　ストロマトライト

(4)　地球の誕生から 5.4 億年前までの地質時代を何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　先カンブリア時代　　②　カンブリア時代
③　古生代　　④　中生代

PART3　生物の変遷

目標
・古生代・中生代・新生代の大まかな動物の進化を把握する。
・古生代・中生代・新生代の大まかな植物の進化を把握する。

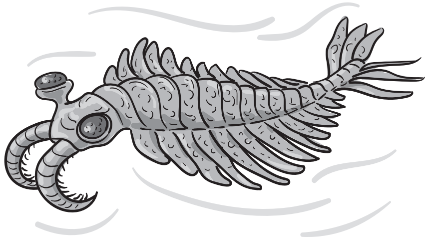
Chapter1　地質時代：古生代

◆ 古生代（5億4000万年前～2億5000万年前）

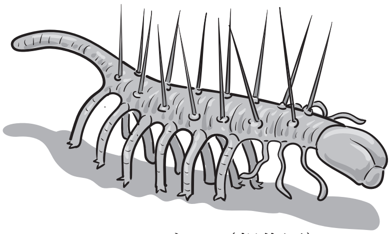
・示準化石：三葉虫

・古生代に入ると，多細胞生物の多様化が起こった。これを
（　　　　　　　　　　　　）という。

・代表的な化石群：（　　　　　　　　　　）　カナダ
チェンジャン動物群　　中国



アノマロカリス（想像図）



ハルキゲニア（想像図）

これらの動物群の一部から，脊椎動物が進化したと考えられる。

◆ 生物の多様化と陸上進出

・古生代の初期に，大気中の酸素濃度が高まり（　　　　　）が形成された。

・オゾン層は太陽からの（　　　　）を吸収するため，生物の陸上進出が可能になった。

植物：シダ植物の出現　→　裸子植物の出現

動物：魚類の出現と繁栄　→　両生類の出現と繁栄　→　爬虫類の出現

・古生代末には大量絶滅が起こり，多くの生物が絶滅した。

Chapter2　地質時代：中生代～新生代

◆ 中生代（2億5000万年前～6600万年前）

・示準化石：アンモナイト

・植物：裸子植物の繁栄　→　被子植物の出現

・動物：爬虫類の繁栄　→　哺乳類の出現

・中生代末には隕石の衝突によって大量絶滅が起こり，恐竜類のほとんどが絶滅した。

◆ 新生代（6600万年前～）

・示準化石：大型哺乳類

・植物：被子植物の繁栄

・動物：鳥類や哺乳類の繁栄

・新生代は古第三紀，新第三紀，第四紀に分けられる。
古第三紀に哺乳類が多様化し，その過程で霊長類が出現した。
その後の新第三紀には化石人類が出現し，第四紀に現生人類が出現した。

まとめ

・古生代は魚類と両生類，シダ植物が出現，繁栄した。

・中生代は爬虫類と裸子植物，新生代は哺乳類と被子植物が繁栄した。

Chapter3　演習問題

問 1　古生代，中生代，新生代のそれぞれの始まりの年代として最も適当なものを，次の①～⑧のうちから一つ選べ。

① 260 万年前　② 6600 万年前　③ 2.5 億年前　④ 3.6 億年前
⑤ 5.4 億年前　⑥ 38 億年前　⑦ 46 億年前　⑧ 137 億年前

問 2　中生代に出現した生物を，次の①～⑨のうちから**二つ**選べ。

① 藻類　② 両生類　③ シダ植物
④ 人類　⑤ 爬虫類　⑥ 被子植物
⑦ 哺乳類　⑧ 魚類　⑨ 裸子植物

問 3　水中から陸上への生物の進出に関して，古生代に起こった生物の陸上への進出が可能となった地球環境の変化とはどのようなことであったか。次の①～④のうちから正しいものを一つ選べ。

① 海水温が上昇して，水中での活動が困難になった。
② 大気中の二酸化炭素濃度が上昇して，気温が上昇した。
③ オゾン層が形成され，地表に届く紫外線量が減少した。
④ 氷河時代に入り，海がすべて凍ってしまった。

< Note >

第1講　PART3　確認問題

問 1　古生代に関する次の問いに答えよ。

(1)　古生代の始まりの年代として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　2 億年前　　②　2.5 億年前

③　5.4 億年前　　④　6.5 億年前

(2)　生物の陸上進出が可能になったのは，古生代初期に，オゾン層が形成され，何の量が減少したからか。最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　酸素　　②　二酸化炭素

③　紫外線

(3)　古生代では，多細胞生物の多様化が起こった。このことを何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　カンブリア紀の大爆発　　②　チェンジャン動物群

③　共生説　　④　生物多様性

(4)　古生代に繁栄したものとして適当でないものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　魚類　　②　両生類

③　シダ植物　　④　被子植物

問２　中生代に関する次の問いに答えよ。

⑴　中生代の始まりの年代として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　2300万年前　　②　6600万年前
③　2.5億年前　　④　4.4億年前

⑵　中生代を代表する示準化石として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　フズリナ　　②　三葉虫
③　アンモナイト　　④　マンモス

問３　(a)新生代は（　ア　）万年前に始まり，古第三紀，新第三紀，第四紀に分けられる。古第三紀に（　イ　）が多様化し，その過程で（　ウ　）が出現した。

⑴　下線部(a)について，新生代に繁栄したものとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　シダ植物　　②　裸子植物
③　爬虫類　　④　鳥類

⑵　文中の（　ア　）に当てはまる数として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　260　　②　800
③　2300　　④　6600

⑶　文中の（　イ　），（　ウ　）に当てはまる語句の組合せとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　イ：爬虫類　　ウ：鳥類
②　イ：鳥類　　ウ：哺乳類
③　イ：鳥類　　ウ：霊長類
④　イ：哺乳類　　ウ：霊長類

第 2 講　遺伝子の変化と多様性

PART1　塩基レベルの突然変異

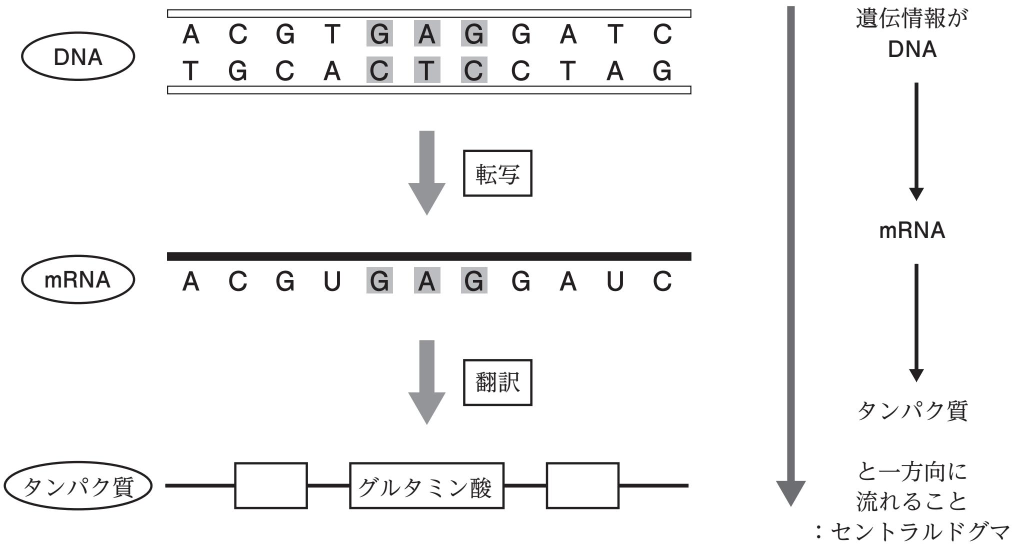
目標
・DNA の塩基配列に基づいてタンパク質が合成される流れを把握する。
・塩基レベルの突然変異が，どのような影響をもつかを理解する。

Chapter1　遺伝子と形質の関係

◆ 遺伝子の発現

生物の体内では，DNA が遺伝子としてはたらき，その塩基配列の情報に基づいてタンパク質が合成される。また，合成されたタンパク質のはたらきによって生物のさまざまな特徴である（　　　　）が現れる。この一連の過程を " 遺伝子の発現 " といい，転写と翻訳の 2 つの段階に分けられる。

・（　　　　）：DNA の塩基配列に相補的な塩基配列をもった mRNA の合成
・（　　　　）：mRNA の塩基配列に基づいた，アミノ酸の連結によるタンパク質の合成



◆ 突然変異

DNA の塩基配列が何らかの要因によって変化することを（　　　　　　）という。突然変異によって DNA の塩基配列が変化すると，生物の形質に影響を与える場合がある。

DNA の塩基配列の変化
⇓
mRNA の塩基配列の変化
⇓
タンパク質のアミノ酸配列の変化
⇓
タンパク質のはたらきの変化
⇓
生物の形質の変化

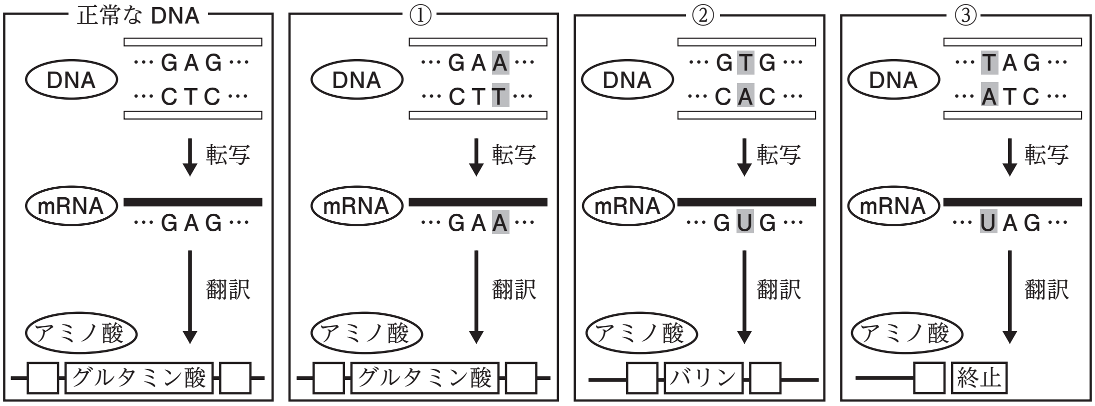
突然変異の原因：放射線（X 線），紫外線など

Chapter2　塩基レベルの突然変異

◆ 塩基の置換

DNA の，あるヌクレオチドの塩基が別の塩基に置き換わる突然変異を（　　　　　）という。遺伝子領域に置換が生じた場合，次のことが起こる可能性がある。

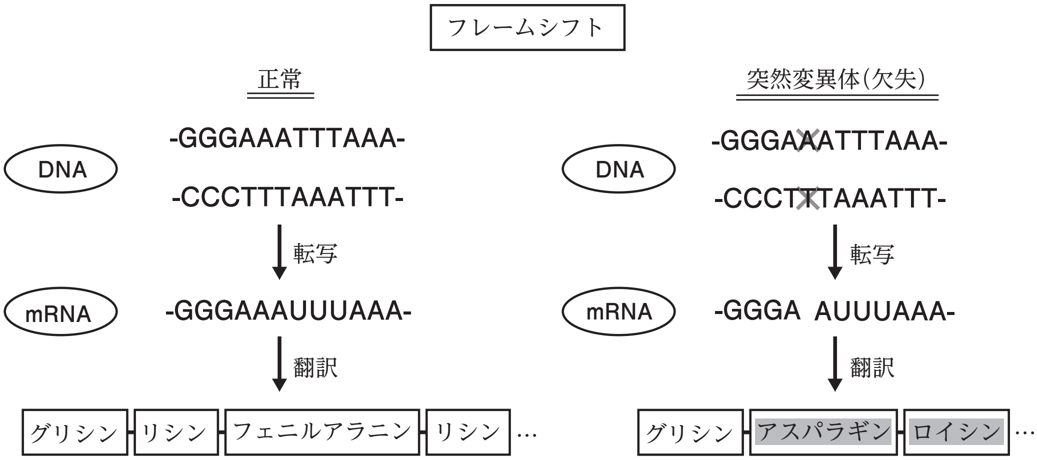
・塩基が置換しても，対応する位置のアミノ酸が変化しない（下図①）。
・塩基が置換することで，対応する位置のアミノ酸が変化する（下図②）。
・塩基が置換することで，対応する位置に終止コドンが生じる（下図③）。



1番目の塩基	2番目の塩基 U	2番目の塩基 C	2番目の塩基 A	2番目の塩基 G	3番目の塩基
U	UUU フェニルアラニン	UCU セリン	UAU チロシン	UGU システイン	U
	UUC	UCC	UAC	UGC	C
	UUA ロイシン	UCA	UAA 終止コドン	UGA 終止コドン	A
	UUG	UCG	UAG	UGG トリプトファン	G
C	CUU ロイシン	CCU プロリン	CAU ヒスチジン	CGU アルギニン	U
	CUC	CCC	CAC	CGC	C
	CUA	CCA	CAA グルタミン	CGA	A
	CUG	CCG	CAG	CGG	G
A	AUU イソロイシン	ACU トレオニン	AAU アスパラギン	AGU セリン	U
	AUC	ACC	AAC	AGC	C
	AUA	ACA	AAA リシン	AGA アルギニン	A
	AUG 開始コドン メチオニン	ACG	AAG	AGG	G
G	GUU バリン	GCU アラニン	GAU アスパラギン酸	GGU グリシン	U
	GUC	GCC	GAC	GGC	C
	GUA	GCA	GAA グルタミン酸	GGA	A
	GUG	GCG	GAG	GGG	G

◆ 塩基の挿入・欠失

DNA において，あるヌクレオチドが 1 つ挿入される突然変異を（　　　　　），あるヌクレオチドが 1 つ失われる突然変異を（　　　　　）という。挿入や欠失によって，遺伝子領域における 3 塩基ごとの読み枠がずれることがあり，これを（　　　　　　　　　）という。



フレームシフトでは，突然変異が起こった位置以降のアミノ酸配列が大きく変化したり，終止コドンが生じたりすることで，形質に大きな影響が出る場合がある。

Chapter3　遺伝的多様性

◆ 種間の遺伝的多様性

地球にはさまざまな生物種が存在し，それぞれ固有の形質をもっている。これらの形質の差は，それぞれの生物種が固有にもつ遺伝情報（ゲノム）が異なるために生じる。

バナナ　⇔　ヒト　⇔　チンパンジー

60％が共通　　98.8％が共通

◆ 種内の遺伝的多様性

同種の個体であっても，遺伝情報は完全に同じではなく，個体差がある。ヒトの場合は，個人間で塩基配列の 99.9％が共通であるが，0.1％は異なる。このような遺伝的な違いが，個人間の形質の差の原因となっている場合が多い。

同種の個体間でみられる遺伝的多様性には，次のようなものがある。

・（　　　　　　　）（SNP）：個体間でみられる，一塩基単位の違い

Aさん

A T G C A T G
T A C G T A C

Bさん

A T G T A T G
T A C A T A C

Cさん

A T G G A T G
T A C C T A C

まとめ

・生物の形質は，DNA の塩基配列の情報に基づいて現れる。

・DNA の塩基配列の変化（置換，挿入，欠失）は生物の形質に影響を与える。

Chapter4　演習問題

問　ある遺伝子の mRNA を調べたところ，塩基配列(a)が得られた。この遺伝子の 1 か所に突然変異が生じた個体について同様に塩基配列を調べたところ，塩基配列(b)が得られた。下の遺伝暗号表を参考にして，問に答えよ。

塩基配列(a)　……　AAGCCACUGGAAUGCAUC　……

塩基配列(b)　……　AAGCCACUGGAAUAGCAUC　……

1番目の塩基	2番目の塩基 U	2番目の塩基 C	2番目の塩基 A	2番目の塩基 G	3番目の塩基
U	UUU フェニルアラニン	UCU セリン	UAU チロシン	UGU システイン	U
U	UUC	UCC	UAC	UGC	C
U	UUA ロイシン	UCA	UAA 終止コドン	UGA 終止コドン	A
U	UUG	UCG	UAG	UGG トリプトファン	G
C	CUU ロイシン	CCU プロリン	CAU ヒスチジン	CGU アルギニン	U
C	CUC	CCC	CAC	CGC	C
C	CUA	CCA	CAA グルタミン	CGA	A
C	CUG	CCG	CAG	CGG	G
A	AUU イソロイシン	ACU トレオニン	AAU アスパラギン	AGU セリン	U
A	AUC	ACC	AAC	AGC	C
A	AUA	ACA	AAA リシン	AGA アルギニン	A
A	AUG 開始コドン メチオニン	ACG	AAG	AGG	G
G	GUU バリン	GCU アラニン	GAU アスパラギン酸	GGU グリシン	U
G	GUC	GCC	GAC	GGC	C
G	GUA	GCA	GAA グルタミン酸	GGA	A
G	GUG	GCG	GAG	GGG	G

(1)　塩基配列(a)が転写・翻訳されてできるアミノ酸配列として正しいものを，表を参考にして次の①～⑤のうちから一つ選べ。なお，この領域で翻訳されるアミノ酸には必ずグリシンがあることがわかっている。

① リシン・プロリン・ロイシン・グリシン・システイン

② セリン・グルタミン・トリプトファン・グリシン・アラニン

③ アラニン・トレオニン・グリシン・メチオニン・ヒスチジン

④ リシン・プロリン・ロイシン・グルタミン酸・グリシン

⑤ アラニン・トレオニン・グルタミン・グリシン・メチオニン

(2)　塩基配列(b)に生じた突然変異の種類として適切なものを，次の①～⑤のうちから一つ選べ。

① 欠失　　② 挿入　　③ 逆位　　④ 重複　　⑤ 転座

第 2 講　PART1　確認問題

問 1　生物の体内では，DNA の塩基配列に相補的な塩基配列をもった mRNA が合成（(　ア　)）され，さらにその情報をもとにタンパク質が合成（(　イ　)）されている。この一連の過程を「遺伝子の発現」という。遺伝情報は，(a)DNA → RNA →タンパク質のように一方向に流れている。

(1)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　転写　　②　翻訳
③　制御　　④　選択

(2)　文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　転写　　②　翻訳
③　制御　　④　選択

(3)　下線部(a)について，このことを何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　エンドサイトーシス　　②　サイトカイン
③　スプライシング　　④　セントラルドグマ

(4)　種内における遺伝的多様性について，一塩基多型のことをアルファベットで何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　NADP　　②　SNP
③　AMP　　④　ATP

問２　次の遺伝暗号表に関して，あとの問いに答えよ。

1番目の塩基	2番目の塩基 U	2番目の塩基 C	2番目の塩基 A	2番目の塩基 G	3番目の塩基
U	UUU フェニルアラニン	UCU セリン	UAU チロシン	UGU システイン	U
U	UUC	UCC	UAC	UGC	C
U	UUA ロイシン	UCA	UAA 終止コドン	UGA 終止コドン	A
U	UUG	UCG	UAG	UGG トリプトファン	G
C	CUU ロイシン	CCU プロリン	CAU ヒスチジン	CGU アルギニン	U
C	CUC	CCC	CAC	CGC	C
C	CUA	CCA	CAA グルタミン	CGA	A
C	CUG	CCG	CAG	CGG	G
A	AUU イソロイシン	ACU トレオニン	AAU アスパラギン	AGU セリン	U
A	AUC	ACC	AAC	AGC	C
A	AUA	ACA	AAA リシン	AGA アルギニン	A
A	AUG 開始コドン メチオニン	ACG	AAG	AGG	G
G	GUU バリン	GCU アラニン	GAU アスパラギン酸	GGU グリシン	U
G	GUC	GCC	GAC	GGC	C
G	GUA	GCA	GAA グルタミン酸	GGA	A
G	GUG	GCG	GAG	GGG	G

(1)　アミノ酸を指定するコドンが６種類あるアミノ酸は何か。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　プロリン　　②　バリン
③　アルギニン　　④　グリシン

(2)　次の mRNA の塩基配列のうち，開始コドンであるメチオニンからはじめて５番目に指定されるアミノ酸として最も適当なものを，あとの①～④のうちから一つ選べ。ただし，塩基配列は左から右へ読まれるものとする。

AUGUCUACAUGGUUAGUUGUGGUGAGG

①　ロイシン　　②　イソロイシン
③　チロシン　　④　バリン

(3)　DNA に生じる突然変異において，ヌクレオチドの挿入や欠失によって，遺伝子領域における３塩基ごとの読み枠がずれることを何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　トリプレット　　②　アンチコドン
③　スプライシング　　④　フレームシフト

PART2　染色体レベルの突然変異

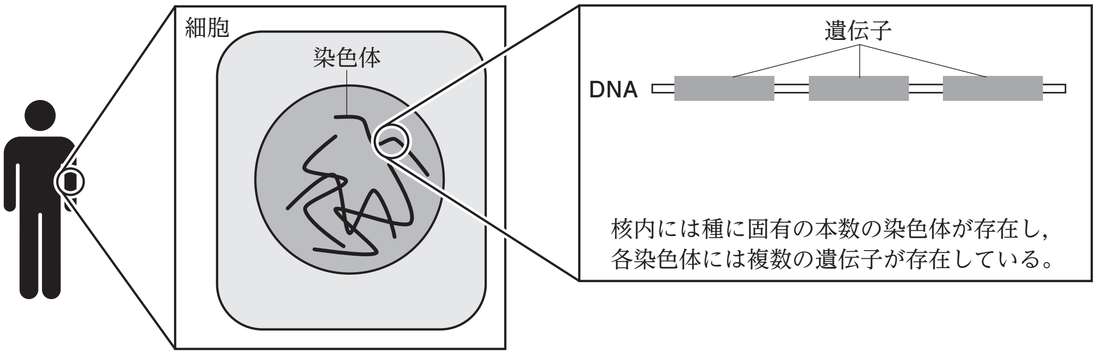
目標
・染色体と遺伝子の関係を把握する。
・染色体レベルの突然変異にどのようなものがあるかを理解する。

Chapter1　染色体と遺伝子

◆ 染色体と遺伝子

真核生物のDNAは，いくつかの線状の断片に分断されて核内に存在しており，タンパク質とともに（　　　　　）を形成している。染色体を単位として，DNAの複製や分配が行われる。

染色体において，タンパク質のアミノ酸配列の情報を保持するなどの特定のはたらきをもつ領域を“遺伝子”とよぶ。



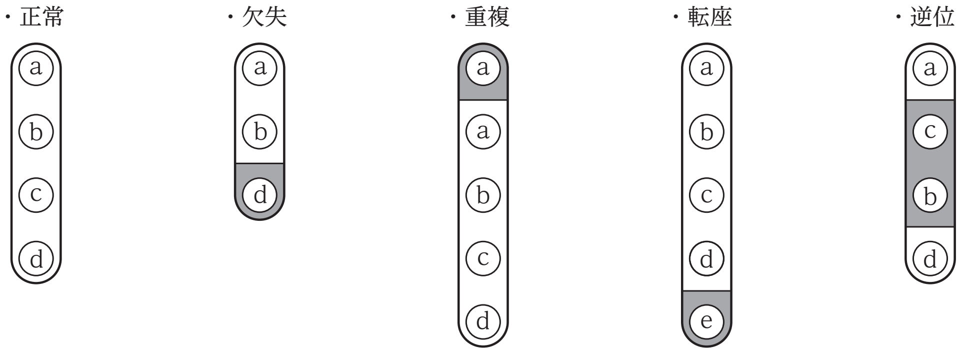
例 ヒトの染色体構成

母由来	1	2	3	…	23
父由来	1	2	3	…	23

ヒトの体細胞には，両親からそれぞれ23本ずつの染色体を受け継いだ，合計46本の染色体が存在している。

Chapter2　染色体レベルの突然変異

◆ 染色体の構造の変化



・欠失：染色体の一部が失われる。

・重複：染色体の一部が繰り返される。

・転座：染色体の一部が別の染色体の一部につながる。

・逆位：染色体の一部の領域の順番が入れ替わる。

　染色体の構造の変化は，染色体上の遺伝子に変化をもたらす場合があるため，生物の形質が変化することがある。

◆ 染色体の数の変化

・倍数性：染色体のセット数が，正常な個体と比べて増減している。

・異数性：染色体の本数が，正常な個体と比べて数本増減している。

例 ヒトのダウン症：第21番染色体が1本多くなっている。

1　2　3　…　20　21　22　23

1　2　3　…　20　21　22　23

　　　　　　　　　21

まとめ

・染色体上には遺伝子が存在するため，その変化は生物の形質に影響を与える。

・染色体レベルの突然変異には，構造の変化と数の変化がある。

Chapter3　演習問題

問　次の図1～4に示すような染色体の突然変異に対応する名称として適切なものを，以下の①～⑧のうちからそれぞれ1つ選べ。ただし，正常な染色体はABCDEFとし，GHは他の染色体に由来する領域とする。

正常

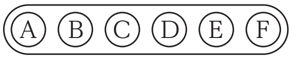


図1

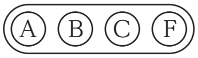
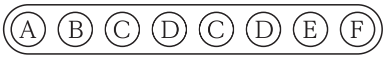


図2

図3

図4



① 逆位　② 欠損　③ 重複　④ 転座
⑤ 欠失　⑥ 逆転　⑦ 倍数化　⑧ 異数化

＜ Note ＞

第 2 講　PART2　確認問題

問 1　染色体と DNA の関係について，次の問いに答えよ。

(1)　真核生物の DNA は，いくつかの線状の断片に分断されて核内に存在しているが，これを何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　RNA　　②　酵素
③　ゴルジ体　　④　染色体

(2)　ヒトの体細胞は，両親からそれぞれ何本ずつの染色体を受け継いでいるか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

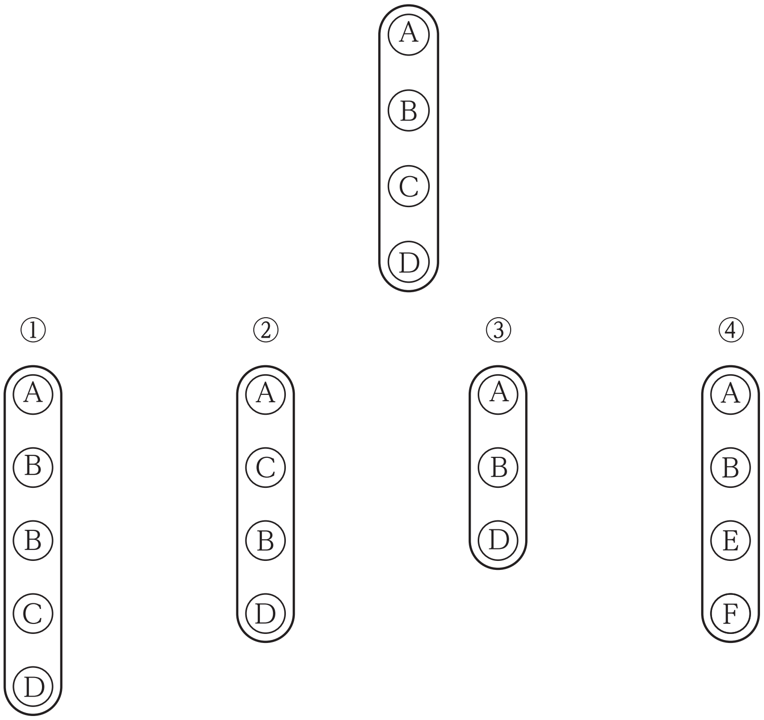
①　23 本　　②　24 本
③　46 本　　④　48 本

問 2　染色体における突然変異について，次の問いに答えよ。

(1)　染色体の構造の変化のうち，染色体の一部が繰り返されることを何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　逆位　　②　重複
③　転座　　④　欠失

(2)　次の図は，正常な場合の染色体の構造を表している。突然変異が生じたあとの①～④のうち，逆位を表すものとして最も適当なものを，一つ選べ。



(3)　染色体の本数が，正常な個体と比べて数本増減していることを何というか。最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　異数性　　②　倍数性

③　不等交差

第3講　遺伝子の組み合わせの変化

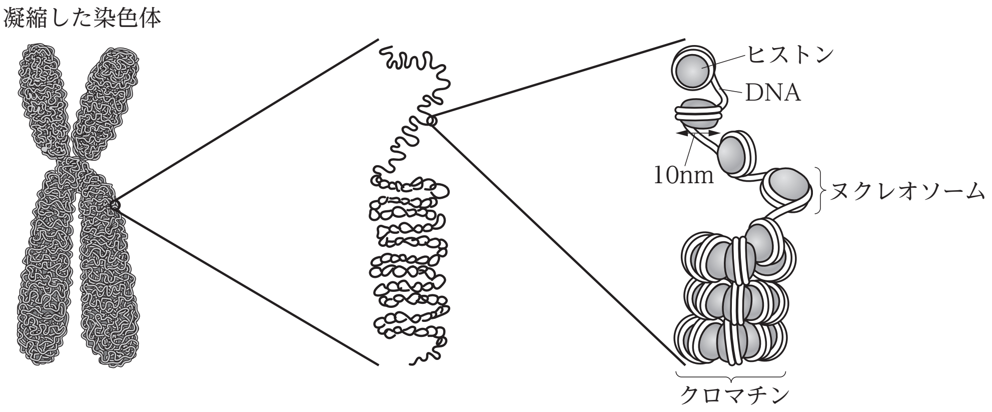
PART1　染色体と減数分裂

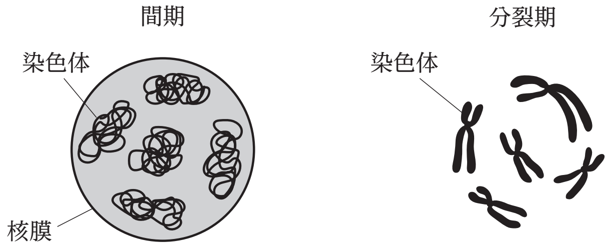
目標
・染色体の構造や，構成を把握する。
・減数分裂における染色体の動きを理解する。

Chapter1　染色体の構造と構成

◆ 染色体の構造

染色体は，長い線状のDNAとヒストンなどのタンパク質からできている。染色体は，細胞周期の時期に応じて，分裂期には棒状に凝集した状態になるが，間期には糸状の分散した状態で核内に広がっている。

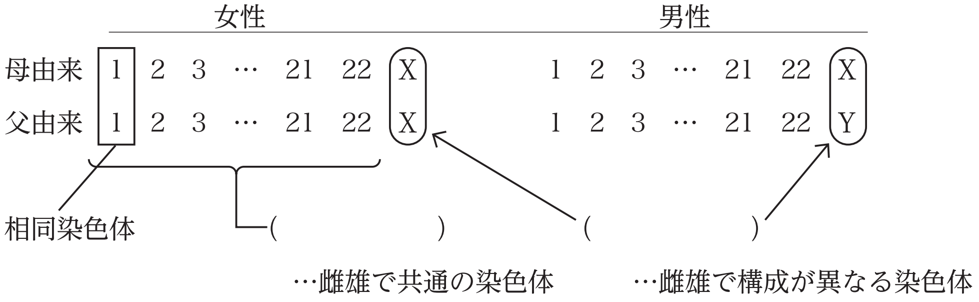




◆ 染色体の構成

真核生物の体細胞には，雄親と雌親に由来する染色体のセットが 2 組存在する。このため，核内には雌雄それぞれの親から受け継いだ形と大きさが同じ染色体が対で存在することになり，これらを（　　　　　　　　）という。

例 ヒト　父親から 23 本，母親から 23 本の染色体を受け継ぐことで，合計 46 本の染色体が存在している。この状態を，$2n = 46$ と表す。

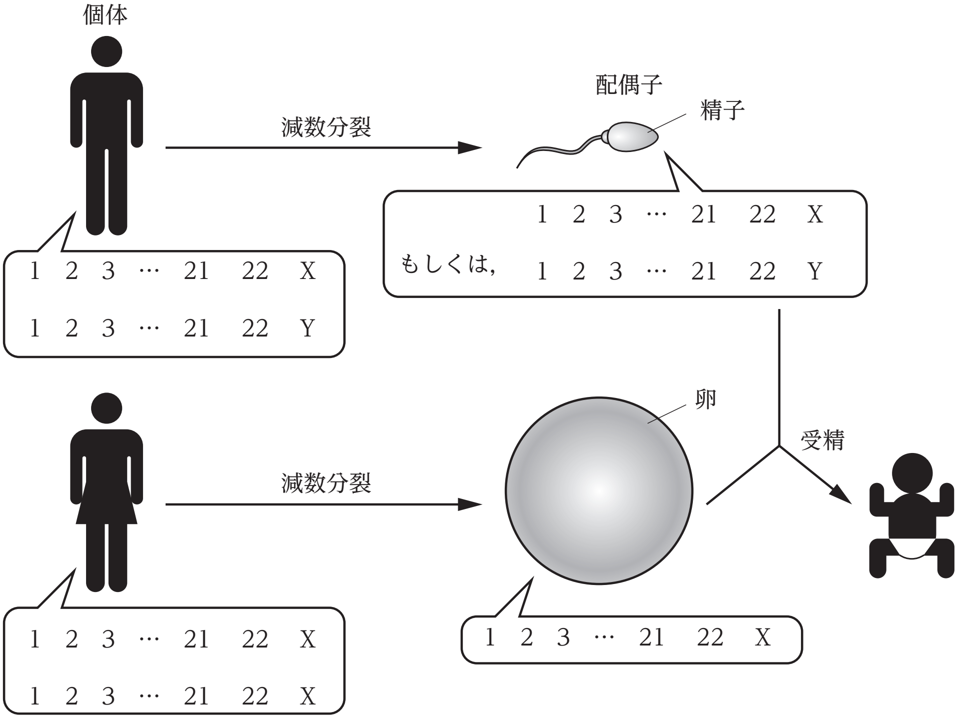


Chapter2　有性生殖と染色体

◆ 有性生殖と配偶子

（　　　　　　）:卵と精子など，２つの細胞の合体によって新しい個体をつくる生殖法。

生殖にかかわる細胞を生殖細胞といい，有性生殖において卵や精子など受精する生殖細胞を（　　　　　）とよぶ。配偶子が形成される過程では，（　　　　　　）とよばれる特殊な細胞分裂によって，染色体数が半減する。



染色体数が半減した配偶子どうしが（　　　　）することで，染色体数がもとに戻った受精卵が生じる。

染色体のセット数に関する核内の状態を核相という。

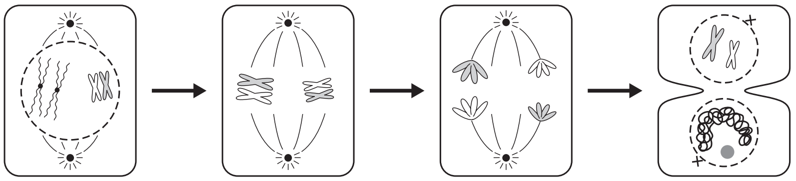
	核相
体細胞のように染色体が２セットある状態	$2n$（　　　　）
配偶子のように染色体が１セットある状態	n（　　　　）

Chapter3　減数分裂

◆ 減数分裂

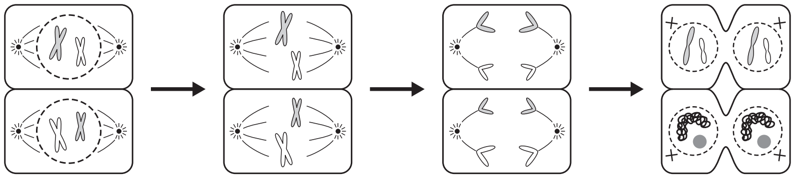
配偶子を形成する過程では，染色体数を半減させる減数分裂が起こる。減数分裂は２回の連続した分裂からなり，母細胞の半分の染色体をもつ娘細胞が４つ生じる。

減数第一分裂前期	減数第一分裂中期	減数第一分裂後期	減数第一分裂終期



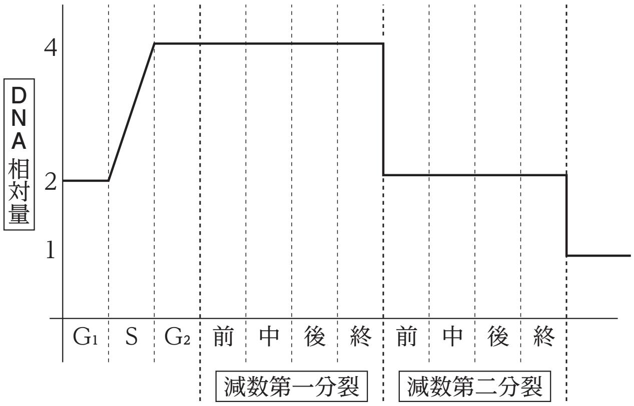
・相同染色体の対合 ・染色体が棒状に凝集 ・核膜，核小体の消失	・二価染色体が赤道面に並ぶ ・紡錘体の完成	・二価染色体が対合面で分離 ・両極に移動する	・核分裂完了後，細胞質分裂 ・核相が半減

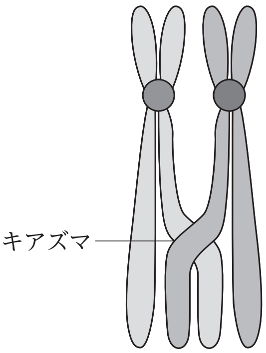
減数第二分裂前期	減数第二分裂中期	減数第二分裂後期	減数第二分裂終期



・再生した核膜が再び消失 ・ほぼ間期を挟まず，次の分裂へ	・各染色体が赤道面に並ぶ	・各染色体が縦列面で分離 ・両極に移動する	・核分裂完了後，細胞質分裂 ・４つの生殖細胞

減数分裂第一分裂の前期では，相同染色体が（　　　　）して，（　　　　　　）が形成される。このとき，染色体の一部が交換される（　　　　）が起こることがある。乗換えによって染色体が交さしている部位は（　　　　）とよばれる。減数分裂第一分裂で相同染色体が分離することで，染色体数が半減する。

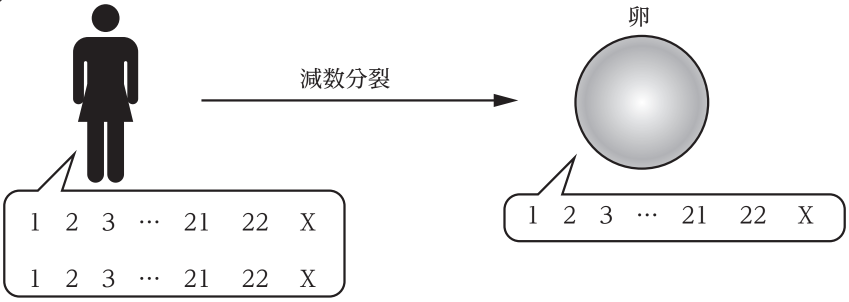




Chapter4　減数分裂と配偶子の遺伝的多様性

◆ 減数分裂と遺伝的多様性

減数分裂を経ることで, 配偶子には相同染色体のどちらか一方のみが伝わる。そのため, 体細胞が $2n$ 本の染色体をもつ生物が形成する配偶子の染色体の組み合わせは, 2^n 通りとなる。



また, 染色体の乗換えによって, 配偶子の遺伝的多様性はさらに高くなる。

まとめ

・配偶子を形成する減数分裂によって, 染色体数が半減する。
・配偶子の受精によって, 単相 (n) の配偶子どうしから複相 ($2n$) の受精卵が生じる。

Chapter5　演習問題

問１　有性生殖に関する次の文中の空欄（　ア　）～（　エ　）にあてはまる語句として正しいものを答えよ。

　有性生殖における配偶子の形成過程では，体細胞分裂とは異なる減数分裂という特殊な分裂が起こる。減数分裂では，第一分裂と第二分裂とよばれる２回の連続した細胞分裂を経て，４個の娘細胞に染色体が分配される。第一分裂の前期では相同染色体どうしは平行に並んで（　ア　）し，（　イ　）を形成する。また，（　イ　）を構成する相同染色体の間で交さが起こり，染色体が部分的に交換される（　ウ　）が起こることがある。この染色体の交さが起こっている部分を（　エ　）という。その後，中期には（　イ　）が紡錘体の赤道面に並び，後期には（　イ　）が（　ア　）面で分離して両極へ移動する。終期には細胞質が二分されて第一分裂が終了し，第二分裂へと続く。

問２　$2n = 10$ の生物が減数分裂で形成する配偶子がもつ染色体の組み合わせは，何通りあると考えられるか。ただし，染色体の乗換えは起こらないものとする。

第３講　PART1　確認問題

問１　真核生物の体細胞には，雌雄それぞれの親から受け継いだ形と大きさが同じ染色体が対で存在しており，これらを（　ア　）という。また，有性生殖を行う生物は，体細胞のほかに生殖にかかわる生殖細胞をもつ。卵や精子など合体により新個体を生じる生殖細胞を（　イ　）という。卵や精子は（　ウ　）分裂によってつくられ，染色体数が（　エ　）している。

(1)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　性染色体　　②　二価染色体
③　相同染色体　　④　常染色体

(2)　文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　胞子　②　配偶子　③　出芽　④　クローン

(3)　文中の（　ウ　），（　エ　）に当てはまる語句の組合せとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

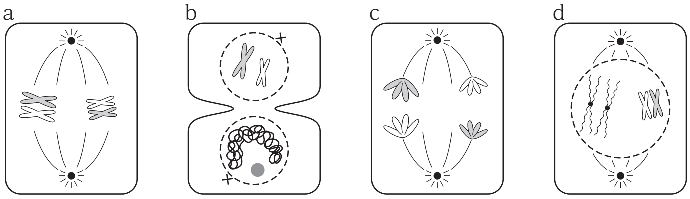
①　ウ：体細胞　エ：半減
②　ウ：体細胞　エ：倍増
③　ウ：減数　エ：半減
④　ウ：減数　エ：倍増

(4)　ヒトの体細胞における染色体の構成について，雌雄で共通の染色体を何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　性染色体　　②　二価染色体
③　相同染色体　　④　常染色体

問２ (a)減数分裂第一分裂の前期では，染色体の一部が交換される（　ア　）が起こることがある。（　ア　）によって生じる，染色体が交さしている部分を（　イ　）という。

(1) 下線部(a)について，次の図は減数分裂の第一分裂における細胞分裂のようすを表したものである。これらを順番に並べたとき，３番目にくるものとして最も適当なものを，後の①～④のうちから一つ選べ。



① a　　② b　　③ c　　④ d

(2) 文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 乗換え　　② 接合
③ 対合　　④ 組換え

(3) 文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① キアズマ　　② プライマー
③ ストロマ　　④ オペロン

(4) 体細胞が 32 本の染色体をもつ２倍体の生物が形成する配偶子の染色体の組合せは何通りか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 2^{16} 通り　　② 2^{32} 通り
③ 16^2 通り　　④ 32^2 通り

PART2　染色体と遺伝子

目標

- 染色体と遺伝子の関係を把握する。
- 減数分裂における染色体の動きと，遺伝子の動きを捉える。

Chapter1　染色体と遺伝子

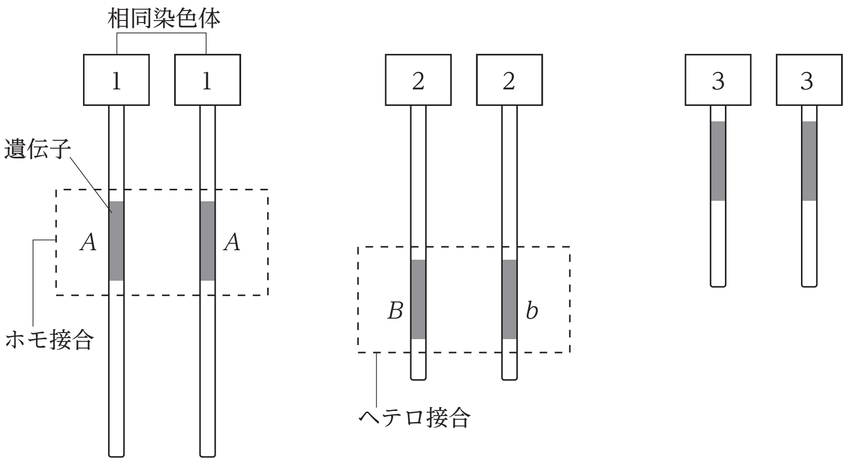
◆ 遺伝子座

染色体において，タンパク質のアミノ酸配列の情報を保持するなど特定のはたらきをもつ領域を“遺伝子”とよぶ。遺伝子が染色体のどの位置にあるかは，種によって決まっており，その位置を（　　　　　　）という。

同じ遺伝子座に存在する異なる遺伝子を（　　　　　　　）とよぶ。

◆ 遺伝子型

両親から受け継いだ各相同染色体上に対立遺伝子のうち 1 つが存在するため，それぞれの遺伝子について，個体は 2 つの遺伝子をもつようになる。どのような遺伝子を受け継いだかを，遺伝子記号を用いて表現したものを（　　　　　　）という。両親から同じ対立遺伝子を受け継いでいる場合を（　　　　　　），異なる対立遺伝子を受け継いでいる場合を（　　　　　　）という。また，相同染色体のどちらか一方にあるだけで特徴が現れる遺伝子を（　　　　　　）といい，ホモ接合になった場合にだけ特徴が現れる遺伝子を（　　　　　　）という。

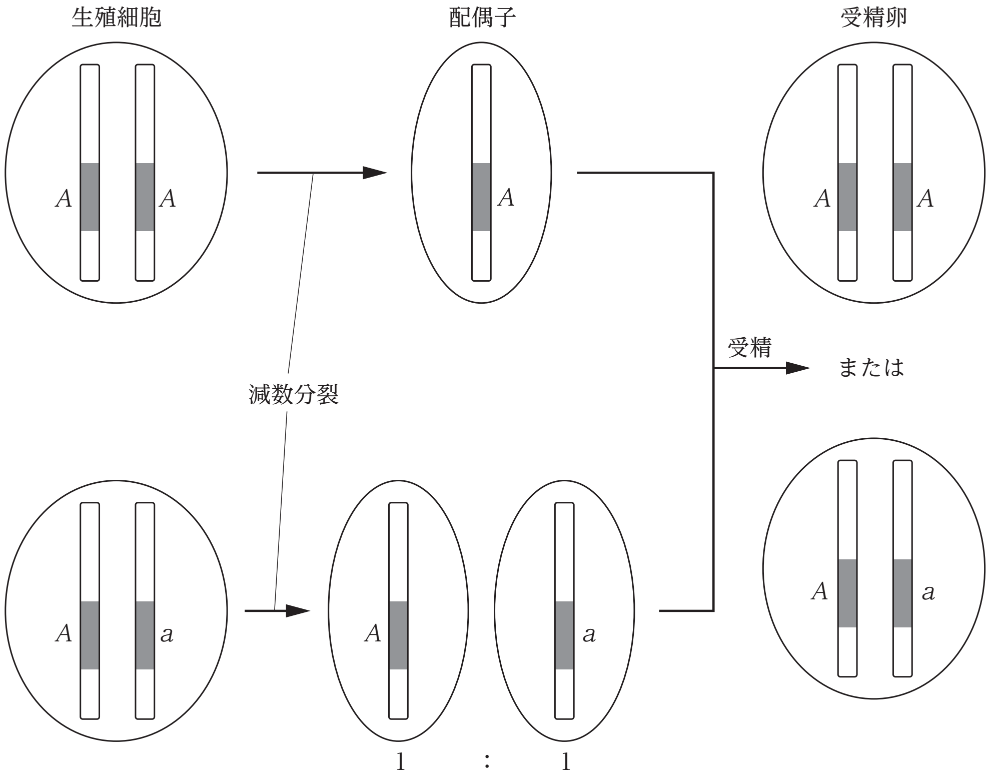


Chapter2　減数分裂と受精による遺伝子の動き

◆ 減数分裂と受精

減数分裂では，相同染色体の一方のみが娘細胞に伝わるため，配偶子には相同染色体上のどちらか一方の遺伝子のみが伝わる。

配偶子どうしが受精することで, 受精卵では再び相同染色体が対で存在するようになる。



◆ 核相の変化

母細胞	減数分裂 →	配偶子	受精 →	受精卵	体細胞分裂 →	個体
$2n$		n		$2n$		$2n$

まとめ

・減数分裂によって，相同染色体上の対立遺伝子の一方のみが配偶子に伝わる。

・配偶子どうしが受精することで，受精卵は再び遺伝子を対でもつようになる。

Chapter3　演習問題

問１　ある遺伝子について，遺伝子型が Aa のヘテロ接合の個体がいる。この個体が形成する配偶子の遺伝子型とその分離比をすべて答えよ。

問２　遺伝子型が Aa のヘテロ接合の個体どうしが交配した場合に生じる受精卵の遺伝子型とその分離比をすべて答えよ。

< Note >

第 3 講　PART2　確認問題

問 1　染色体において，タンパク質のアミノ酸配列の情報を保持するなど特定のはたらきをもつ領域を(a)遺伝子といい，染色体のどの位置にあるかは種によって決まっている。この位置を（　ア　）という。

　対立遺伝子の受け継ぎ方にはホモ接合とヘテロ接合があり，（　イ　）接合になった場合にだけ形質が現れる遺伝子を（　ウ　）遺伝子という。

(1)　下線部(a)について，どのような遺伝子を受け継いだかを，遺伝子記号を用いて表現したものを何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　遺伝子暗号表　　②　遺伝子型
③　遺伝子座　　④　遺伝子頻度

(2)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　遺伝子暗号表　　②　遺伝子型
③　遺伝子座　　④　遺伝子頻度

(3)　文中の（　イ　），（　ウ　）に当てはまる語句の組合せとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　イ：ホモ　　ウ：顕性
②　イ：ホモ　　ウ：潜性
③　イ：ヘテロ　　ウ：顕性
④　イ：ヘテロ　　ウ：潜性

問2 対立遺伝子と染色体数について，次の問いに答えよ。

(1) 対立遺伝子 A と対立遺伝子 a，または対立遺伝子 B と対立遺伝子 b と表す遺伝子が存在するとき，ヘテロ結合であるものとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① AA　② Aa
③ BB　④ aB

(2) ヒトの細胞のうち，核相が n となるものとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 神経細胞　② 肝細胞
③ 受精卵　④ 配偶子

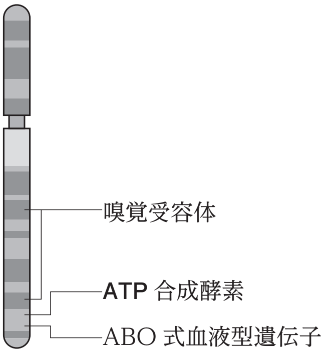
PART3　独立

目標
- 二組の対立遺伝子の染色体上の位置関係を把握する。
- 独立な２遺伝子についての交配を考えることができる。

Chapter1　遺伝子の位置関係

◆ 遺伝子と染色体

ヒトの遺伝子はおよそ 20000 個あり，これらは 23 本の染色体上に存在している。



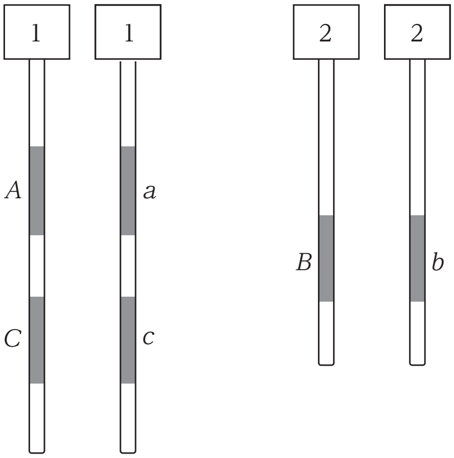
→１つの染色体上には，複数の遺伝子が存在している。

◆ 遺伝子の位置関係

２組の対立遺伝子に注目した場合，

A（a）と B（b）の位置関係：　２つの遺伝子が異なる染色体上に存在…（　　　　　）

A（a）と C（c）の位置関係：　２つの遺伝子が同じ染色体上に存在…（　　　　　）



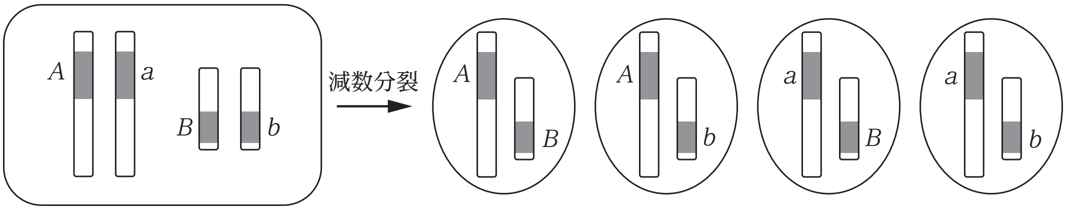
… 相同染色体の本数は種によって異なる。

この図の場合，A(a)と B(b)，
C(c)と B(b)は独立，
A(a)と C(c)は連鎖している。

Chapter2　配偶子への遺伝子の分配

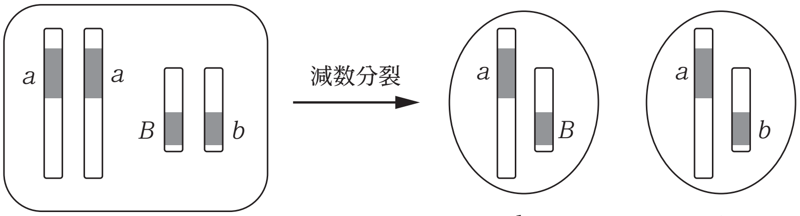
◆ 独立な2遺伝子の場合

減数分裂の際，それぞれの相同染色体は，お互いに干渉することなく配偶子に分配される。

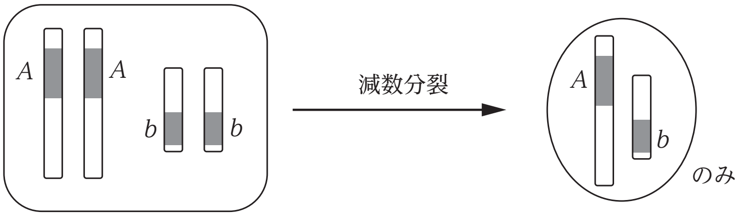


1 : 1 : 1 : 1

・配偶子の遺伝子型とその分離比



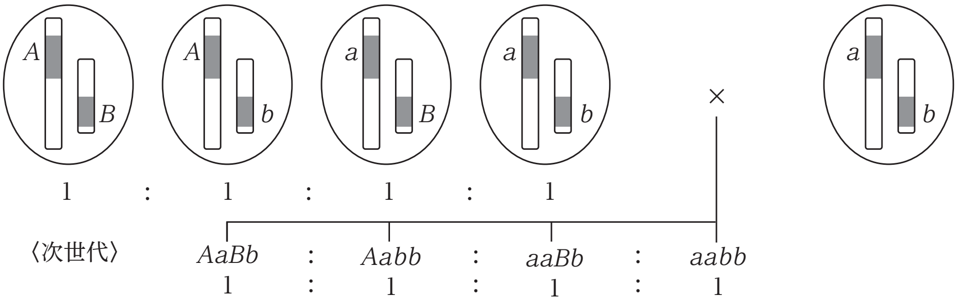
1 : 1



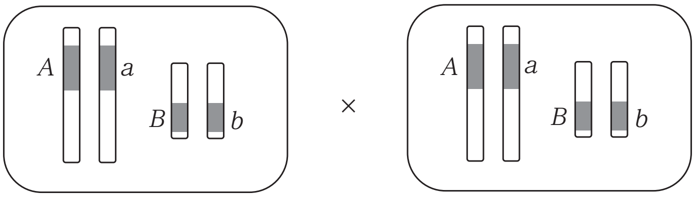
Chapter3　受精による遺伝子の組み合わせ

◆ 独立な2遺伝子の場合

・$AaBb$　×　$aabb$　（　　　　　　）：潜性遺伝子のホモ接合体との交雑



・$AaBb$　×　$AaBb$



	AB	*Ab*	*aB*	*ab*
AB	*AABB*	*AABb*	*AaBB*	*AaBb*
Ab	*AABb*	*AAbb*	*AaBb*	*Aabb*
aB	*AaBB*	*AaBb*	*aaBB*	*aaBb*
ab	*AaBb*	*Aabb*	*aaBb*	*aabb*

＜次世代＞

[*AB*]	:	[*Ab*]	:	[*aB*]	:	[*ab*]
9	:	3	:	3	:	1
1 *AABB*	:	1 *AAbb*	:	1 *aaBB*	:	1 *aabb*
2 *AABb*		2 *Aabb*		2 *aaBb*		
2 *AaBB*						
4 *AaBb*						

遺伝子のはたらきによって個体が示す形質を表現型といい，遺伝子記号に［　］をつけて表現される。

［*A*］：顕性遺伝子によって現れる形質

［*a*］：潜性遺伝子によって現れる形質

まとめ

・２つの遺伝子が異なる染色体上にある位置関係を，独立という。

・独立な遺伝子は，互いに干渉することなく配偶子に分配される。

Chapter4　演習問題

問１　遺伝子 A (a)と B (b)が独立である遺伝子型 $AABb$ の個体を検定交雑すると，子の表現型（[　]で表す）の分離比[AB]：[Ab]：[aB]：[ab]はどのようになるか。ただし，A が a に対して顕性であり，B が b に対して顕性である。

① 1：0：0：1　② 0：1：1：0　③ 1：1：0：0
④ 0：0：1：1　⑤ 1：1：1：1

問２　遺伝子 A (a)と B (b)が独立である遺伝子型 $AaBb$ の個体と遺伝子型 $Aabb$ の個体を交配すると，子の表現型（[　]で表す）の分離比[AB]：[Ab]：[aB]：[ab]はどのようになるか。ただし，A が a に対して顕性であり，B が b に対して顕性である。

① 1：1：1：1　② 3：3：1：1　③ 3：1：3：1
④ 1：1：3：3　⑤ 9：3：3：1

< Note >

第3講　PART3　確認問題

問1　遺伝子の数は染色体の本数に比べて非常に多く，1つの染色体上には，複数の遺伝子が存在している。例えば，ヒトの遺伝子はおよそ20000個あるが，これらは（　ア　）本の染色体上に存在している。

2組の対立遺伝子の位置に注目した場合，2つの遺伝子は独立，または連鎖の関係にある。2つの遺伝子が同じ染色体上に存在する場合は（　イ　）しているという。

また，独立している遺伝子は，減数分裂において互いに干渉することなく（　ウ　）に分配される。

(1)　文中の（　ア　）に当てはまる数として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　20　　②　21
③　22　　④　23

(2)　文中の（　イ　）に当てはまる語句として適当なものを，次の①，②のうちから一つ選べ。

①　独立　　②　連鎖

(3)　文中の（　ウ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　配偶子　　②　染色体
③　DNA　　④　体細胞

問2 対立遺伝子$A(a)$と$B(b)$がそれぞれ独立の関係にあるとき，次の問いに答えよ。

(1) 次の①～④のうち，つくられる配偶子の種類が2種類となる個体のもつ遺伝子型として最も適当なものを一つ選べ。

① $AABB$　② $AAbb$

③ $AABb$　④ $AaBb$

(2) 次の①～④のうち，表現型が［aB］で示される個体のもつ遺伝子型として最も適当なものを一つ選べ。

① $AABb$　② $AaBB$

③ $AaBb$　④ $aaBb$

(3) 遺伝子型が$AaBb$どうしの個体の交雑によって生じる子の表現型の分離比［AB］：［Ab］：［aB］：［ab］として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 1：3：3：9　② 1：1：1：1

③ 1：1：3：3　④ 9：3：3：1

PART4　連鎖

目標
・連鎖した遺伝子の配偶子への伝わり方を把握する。
・組換えの結果生じる配偶子の分離比を判断できる。

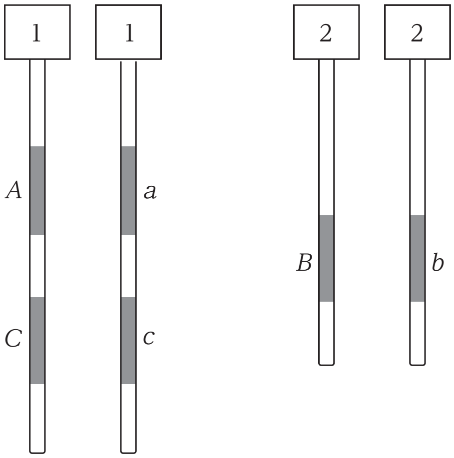
Chapter1　連鎖した遺伝子

◆ 遺伝子の位置関係

2 組の対立遺伝子に注目した場合，

・$A(a)$と $B(b)$の位置関係：2 つの遺伝子が異なる染色体上に存在…（　　　　）

・$A(a)$と $C(c)$の位置関係：2 つの遺伝子が同じ染色体上に存在…　（　　　　）



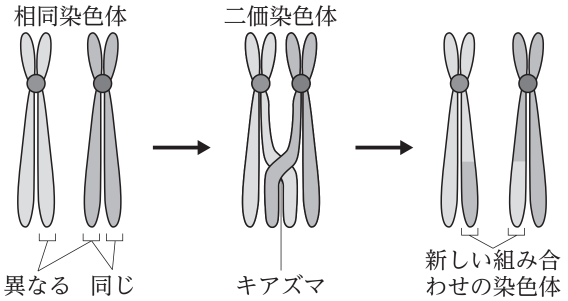
この図の場合，$A(a)$と $B(b)$，
$C(c)$と $B(b)$は独立，
$A(a)$と $C(c)$は連鎖している。

連鎖した遺伝子は，連なって同じ配偶子に分配されやすい。

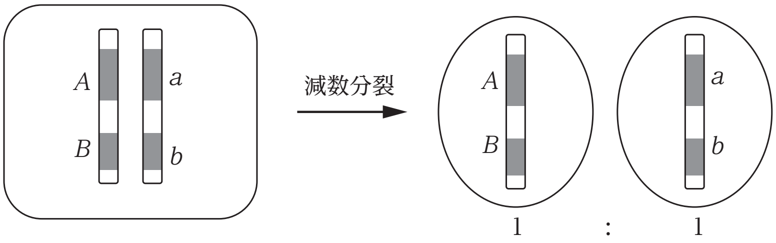
Chapter2　配偶子への遺伝子の分配

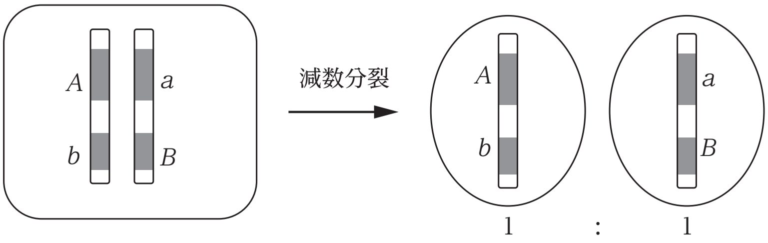
◆ 連鎖した2遺伝子の場合

連鎖の組み合わせは，減数分裂の際に起こる染色体の（　　　　　）によって変化する場合がある。これを遺伝子の（　　　　　）という。



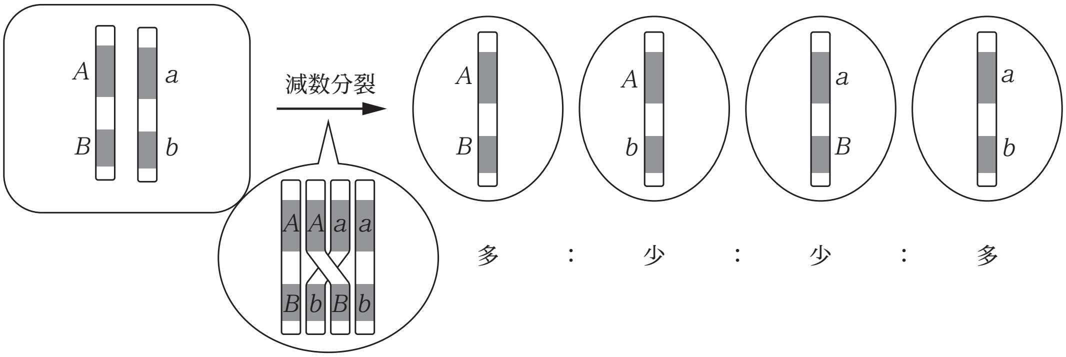
・染色体の乗換えが起こらない場合

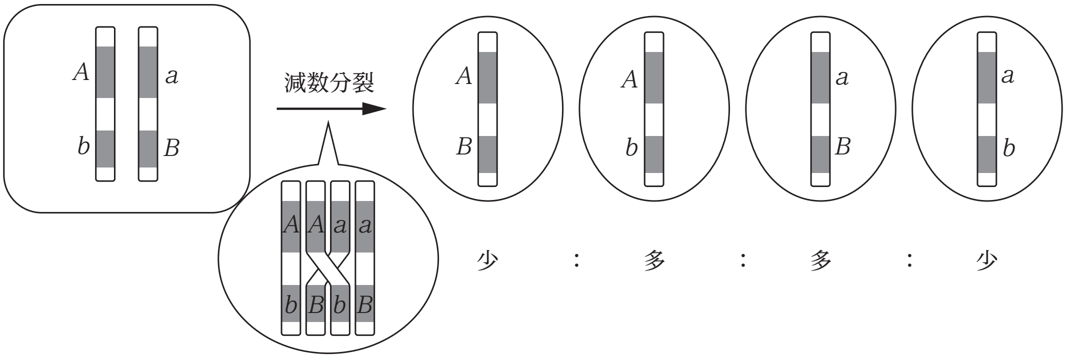




もとの遺伝子の組み合わせのまま，配偶子に分配される。

・染色体の乗換えが起こる場合





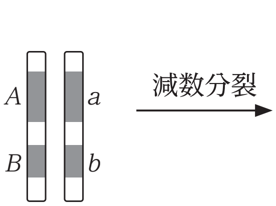
もとの組み合わせの遺伝子をもつ配偶子だけでなく，新しい組み合わせの遺伝子をもつ配偶子も生じる。

◆ 組換え価

連鎖している２つの遺伝子について，個体が形成した配偶子全体のなかで，組換えを起こした配偶子の割合を（　　　　　　）という。

$$\text{組換え価} = \frac{\text{組換えを起こした配偶子の数}}{\text{全配偶子数}} \times 100$$

例



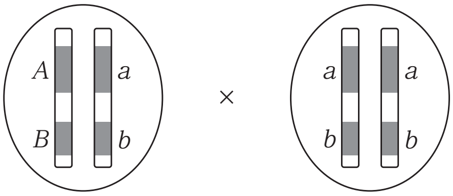
AB	:	Ab	:	aB	:	ab
9	:	1	:	1	:	9

$$\text{組換え価} = \frac{1+1}{9+1+1+9} \times 100 = 10\%$$

Chapter3　受精による遺伝子の組み合わせ

◆ 連鎖した2遺伝子の場合

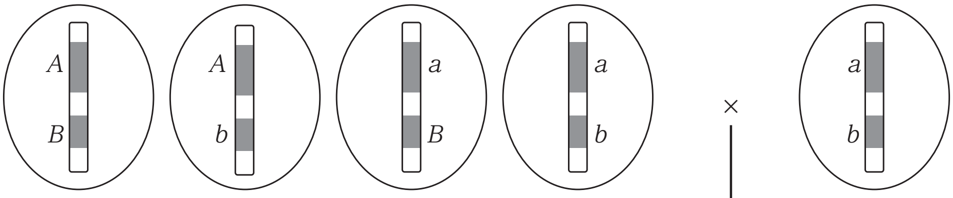
・*AaBb*　×　*aabb*



（*AB*/*ab*　組換え価 10%）

（※ *AB*/*ab* は，*A* と *B*，*a* と *b* が連鎖していることを表す。）

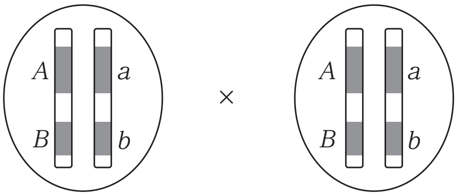
親の配偶子の組み合わせ　　　　親の配偶子の組み合わせ



9　:　1　:　1　:　9

〈次世代〉　*AaBb*　:　*Aabb*　:　*aaBb*　:　*aabb*
　　　　　9　:　1　:　1　:　9

・*AaBb*　×　*AaBb*



（*AB*/*ab*　組換え価 10%）

	9*AB*	*Ab*	*aB*	9*ab*
9*AB*	81 *AABB*	9 *AABb*	9 *AaBB*	81 *AaBb*
Ab	9 *AABb*	*AAbb*	*AaBb*	9 *Aabb*
aB	9 *AaBB*	*AaBb*	*aaBB*	9 *aaBb*
9*ab*	81 *AaBb*	9 *Aabb*	9 *aaBb*	81 *aabb*

＜次世代＞　[*AB*]　:　[*Ab*]　:　[*aB*]　:　[*ab*]
　　　　　281　:　19　:　19　:　81

まとめ

・２つの遺伝子が同じ染色体上にある位置関係を，連鎖という。
・連鎖している遺伝子は同じ配偶子に分配されやすいが，組換えが起こると異なる組み合わせの遺伝子が配偶子に分配される場合もある。

Chapter4　演習問題

問１　遺伝子 $C(c)$，$D(d)$ は同じ染色体上に遺伝子座があり，これらの間で乗換えは起こらないとする。遺伝子型 $CCdd$ と $ccDD$ の個体をかけ合わせて得られた F_1 の個体を検定交雑して多数の次世代を得た場合の表現型（[　]で表す）の分離比[CD]：[Cd]：[cD]：[cd]はどのようになるか。ただし，C が c に対して顕性であり，D が d に対して顕性である。

① 1：0：0：1　② 0：1：1：0　③ 2：1：1：0
④ 3：0：0：1　⑤ 9：3：3：1

問２　遺伝子 $P(p)$，$Q(q)$ は同じ染色体上に遺伝子座があり，これらの遺伝子間の組換え価は20％であるとする。遺伝子型 $PPQQ$ と $ppqq$ の個体をかけ合わせて得られた F_1：$PpQq$ どうしをかけ合わせて多数の次世代を得た場合の表現型（[　]で表す）の分離比[PQ]：[Pq]：[pQ]：[pq]はどのようになるか。ただし，P が p に対して顕性であり，Q が q に対して顕性である。

① 4：1：1：4　② 1：4：4：1　③ 9：3：3：1
④ 51：24：24：1　⑤ 66：9：9：16

第３講　PART4　確認問題

問１　遺伝子 A と B，a と b が連鎖の関係にあるが，乗換えが生じないとき，次の問いに答えよ。

(1)　遺伝子型が $AaBb$ の個体から生じる配偶子の種類として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　Aa と Bb

②　AB と ab

③　Ab と aB

(2)　ある遺伝子型をもつ個体から Ab，aB の配偶子が生じるとき，その分離比（Ab：aB）として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　1：1　　②　1：2

③　1：3　　④　1：4

問２　遺伝子 A と B，a と b が連鎖の関係にあり，乗換えが生じるとき，次の問いに答えよ。

(1)　遺伝子型 $AaBb$ の個体から配偶子が生じるとき，その組換え価が 20% の場合の配偶子の遺伝子型の分離比（AB：Ab：aB：ab）として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　1：1：1：4

②　1：1：4：4

③　4：1：1：4

④　1：4：4：1

⑵　遺伝子型 $AaBb$ の個体から生じる配偶子の遺伝子型の分離比が次のようになっているとき，組換え価として最も適当なものを，あとの①～④のうちから一つ選べ。

配偶子の分離比

$AB : Ab : aB : ab = 7 : 1 : 1 : 7$

①　6.25%　　②　12.5%

③　50.0%　　④　87.5%

⑶　組換え価が 25% のとき，遺伝子型 $AaBb$ の個体どうしを交雑して得られた子の表現型の分離比（$[AB]$：$[Ab]$：$[aB]$：$[ab]$）として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　3：1：1：3

②　9：1：1：9

③　32：7：7：18

④　41：7：7：9

第 4 講　進化のしくみ

PART1　遺伝子頻度と自然選択

目標
・進化とは集団の何が変化する現象なのかを理解する。
・自然選択によって起こる適応進化を理解する。

Chapter1　進化と突然変異

◆ 進化

生物集団の遺伝子頻度が, 世代を経るにつれて変化していく現象を（　　　　　）という。進化は，（　　　　　　）によって集団内に新しい遺伝的多様性が生じることがきっかけとなる場合が多い。

◆ 変異

同種個体間にみられる形質の違いを（　　　　）という。

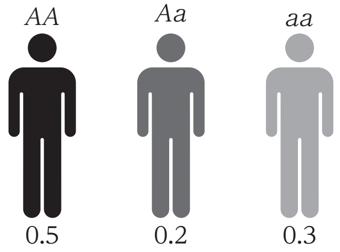
・（　　　　　）：生育環境の違いが原因となる形質の違い。親から子に遺伝しない。

・（　　　　　　）：遺伝子に起こった変化が原因となる形質の違い。生殖細胞で生じた遺伝子の変化は，親から子に遺伝する。遺伝的変異は，突然変異によって生じる。

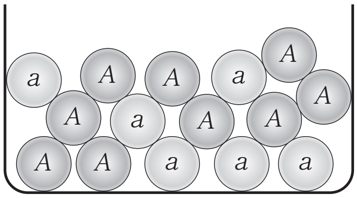
◆ 集団の遺伝的組成

集団の遺伝的組成を表すには，遺伝子型頻度と遺伝子頻度が用いられる。

遺伝子型頻度：
集団を 2 倍体の集まりと考え，その遺伝子型のばらつきを示したもの



遺伝子頻度：
集団を遺伝子の集まりと考え，その中での対立遺伝子のばらつきを示したもの



A ： a ＝ 0.6 ： 0.4

ある生物種の集団がもつ遺伝子の集合全体を（　　　　　　　）という。遺伝子プールにおける，ある対立遺伝子が占める割合を遺伝子頻度という。遺伝子プールにおける遺伝子頻度の変化を進化と考えることができる。

Chapter2　自然選択と適応

◆ 自然選択による適応進化

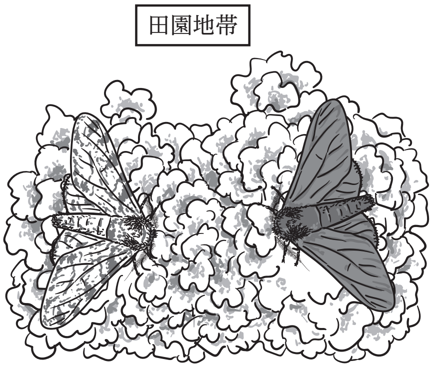
集団を構成する個体がもつある形質について，

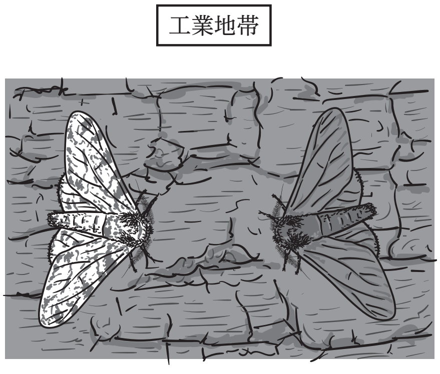
- ・個体差（変異）がみられる。
- ・個体差が親から子に伝わる（遺伝する）。
- ・個体差に応じて，生存率や繁殖力に差が生じる。

この３つの条件がそろう場合，生存や繁殖に有利な形質にかかわる対立遺伝子は集団内に広まり，不利な対立遺伝子は集団内から取り除かれていく。これを（　　　　　　）という。

生物の形質が生息している環境において生存や繁殖に有利な特性をもっていることを（　　　　）といい，自然選択の結果として適応した形質が集団内に広まることを（　　　　　　）という。

適応進化の実例：オオシモフリエダシャクの工業暗化





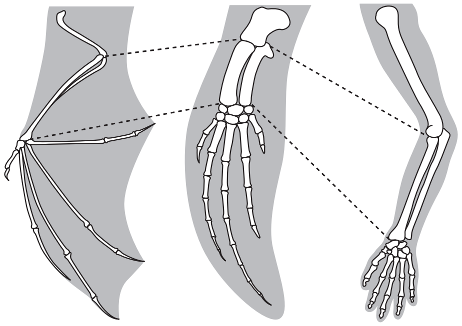
環境に適した個体（暗色型）が生き残り，その遺伝子が次世代に伝わることで集団の遺伝子プールにおける遺伝子頻度が変化する。

Chapter3　適応放散と収れん

◆ 適応放散

生物がある共通祖先からさまざまな環境に適応することで多様な種に分かれることを，(　　　　　　　)という。

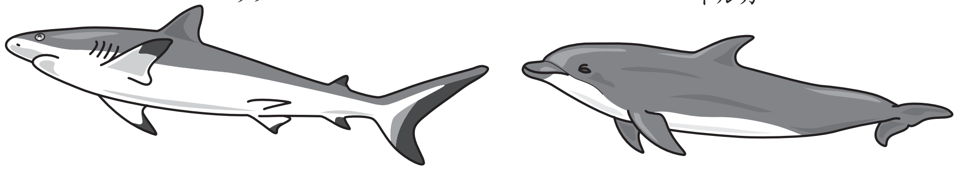
これらの多様に分かれた種がもつ器官を観察すると，形態や機能は異なっているが，骨格などの基本構造が共通している場合がある。このような器官を(　　　　　　　)という。



◆ 収れん

起源の異なる種が，同様な環境で同じような自然選択を受けた結果，類似した形態をもつようになることを，(　　　　　　)という。

例 サメとイルカ（水中生活に適応）



収れんにより類似した種がもつ器官を観察すると，異なる起源をもつ器官であるが似た形態や機能をもつ場合があり，これを(　　　　　　)という。

Chapter4　性選択，共進化

◆ 性選択

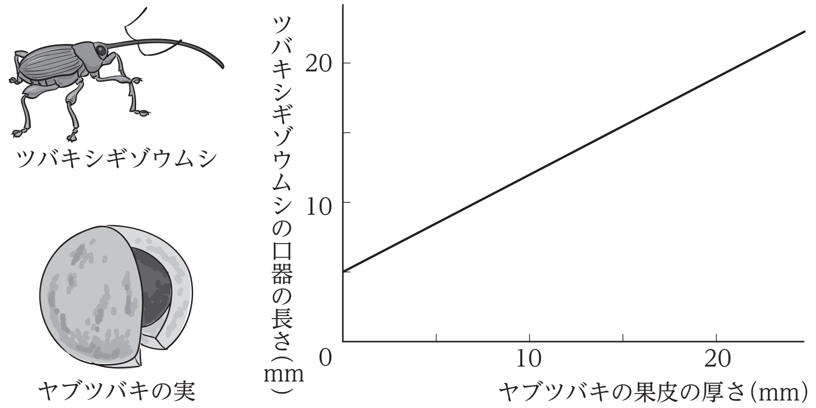
より多くの異性と交配することができる形質をもった個体は，より多くの子を次世代に残すことになる。その結果，直接は生存率に影響しない形質であってもその形質にかかわる対立遺伝子が集団内に広がる場合がある。このような自然選択を，(　　　　　)という。

例 クジャクの雄の尾羽

◆ 共進化

生態系内で共存する複数の種は，さまざまな相互作用によって互いの生存と繁殖に影響を与え合いながら世代を経ていく。そのため，互いの形質の進化にも影響を及ぼすことになり，双方の形質が連動して進化する現象がみられる。これを（　　　　　）という。

例 ツバキシギゾウムシとヤブツバキ



まとめ

・集団の遺伝的組成を表す指標には，遺伝子型頻度と遺伝子頻度がある。
・生存や繁殖に有利な遺伝形質は，自然選択によって集団に広まっていく。

Chapter5　演習問題

（　ア　）器官は，共通の祖先から進化した異なる生物間において，祖先のもっていた器官が生活環境に応じて，異なった形態やはたらきをもつ器官になったものである。これに対し，（　イ　）器官は，異なる生物間において基本的に異なる起源をもっていると考えられる器官が，生育環境などの類似性によって，同じようなはたらきと形態を示す器官になったものである。

ある生物群がさまざまな生活様式に適応し多様な形態をもつように種分化する現象は，（　ウ　）とよばれる。また，祖先の異なるグループに属する生物が同じような生育環境に適応することによってよく似た特徴をもつものに進化する現象は（　エ　）とよばれる。

問 1　文章中の（　ア　）～（　エ　）に入る語句をそれぞれ答えよ。

問 2　（　エ　）の例を，次の①～④から一つ選べ。

①　コウモリとハト　　②　コウモリとモグラ

③　ハトとツバメ　　④　モグラとツバメ

＜ Note ＞

第 4 講　PART1　確認問題

問 1　生物の進化とは，生物集団の遺伝子頻度が世代を経るにつれて変化していく現象のことであり，（　ア　）によって集団内に新しい遺伝的多様性が生じることがきっかけとなる。ある生物種の集団がもつ遺伝子の集合全体を（　イ　）といい，そこにおける(a)遺伝子頻度の変化を進化と考えることができる。

(1)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　相変異　　②　突然変異　　③　環境変異

(2)　文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　遺伝子プール　　②　遺伝的浮動

③　遺伝子座　　④　伴性遺伝

(3)　下線部(a)について，集団内において，ある対立遺伝子（B と b）の遺伝子型が，次のような頻度で出現していたとする。このとき，対立遺伝子 B と b の遺伝子頻度の比（B：b）として最も適当なものを，後の①～④のうちから一つ選べ。

遺伝子型	BB	Bb	bb
遺伝子型頻度	0.2	0.4	0.4

①　0.4：0.6　　②　0.2：0.8

③　0.6：0.4　　④　0.8：0.2

問２　生存や繁殖に有利な遺伝形質は，自然選択によって集団に広まっていく。自然選択による（　ア　）の実例として，「オオシモフリエダシャクの工業暗化」がある。

生態系内で共存する生物どうしには，互いの生存と繁殖に影響を与え合いながら進化する（　イ　）という現象がみられ，（　ウ　）はその例である。

(1)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　性選択　　②　適応放散
③　適応進化　　④　収れん

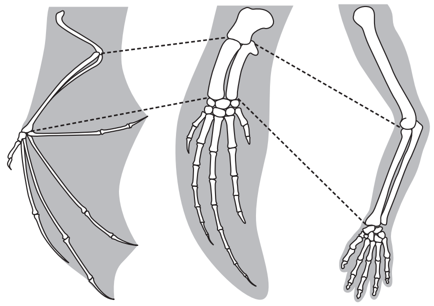
(2)　文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　中立進化　　②　大進化
③　共進化　　④　分子進化

(3)　文中の（　ウ　）の例として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　アリとアブラムシ　　②　ゾウムシとヤブツバキ
③　アリとキリギリス　　④　カクレウオとナマコ

問３　右の図は，３種類の脊椎動物の骨格を模式的に表したものである。いずれも基本的な骨格構造は共通しているが，形態や機能は異なっていることがわかる。このような器官の名称として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。



①　相似器官　　②　相同器官　　③　痕跡器官

PART2　実際の生物集団の進化

目標
・遺伝的浮動による中立進化を理解する。
・ハーディ・ワインベルグの法則を用いて簡単な計算問題に対応できる。

Chapter1　遺伝的浮動

◆ 中立な突然変異と遺伝的浮動

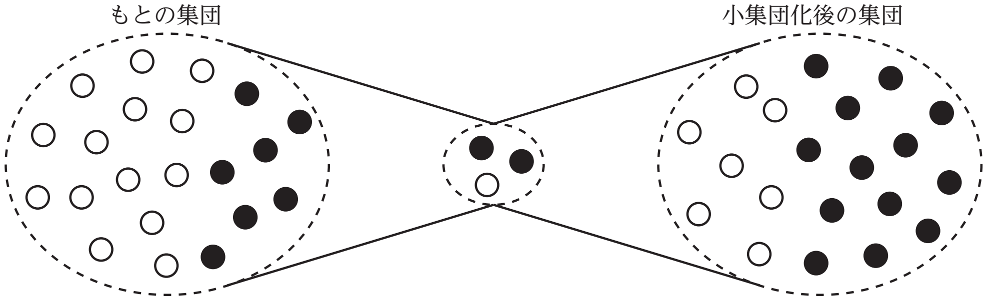
突然変異によって起こる DNA の塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列の変化などの分子レベルの変化を，（　　　　　　　）という。

生存や繁殖に影響を与える対立遺伝子に対しては，自然選択がはたらくため，有利な対立遺伝子は集団内に広まり，不利な対立遺伝子は集団から除かれていく。

一方で，突然変異で生じた対立遺伝子の大部分は，生存や繁殖に影響しない（　　　　）的なものであり，そのような対立遺伝子には自然選択がはたらかないため，遺伝子頻度は増減しないはずである。

実際には，中立な突然変異であっても，世代を経るなかで偶然によって遺伝子頻度が増減する場合がある。そのような偶然による遺伝子頻度の変化を，(　　　　　　　)という。

例 びん首効果　（集団のサイズが小さくなることで起こる遺伝子頻度の変化）

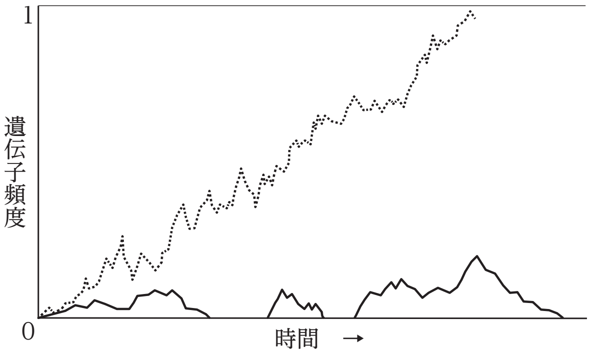


遺伝的浮動は小さい集団に対して，より強くはたらく。

◆ 遺伝的浮動と中立進化

遺伝的浮動によって中立な対立遺伝子の頻度も変化する。突然変異によって生じた中立な対立遺伝子の大部分は消失してしまう（下図の実線）が，一部は集団全体に広まる（下図の点線）場合がある。

このような遺伝的浮動によって起こる進化を，自然選択による適応進化に対して，（　　　　　　）という。中立進化によって広まった形質は，適応的であるとは限らない。



Chapter2　ハーディ・ワインベルグの法則

◆ ハーディ・ワインベルグの法則

① 集団のサイズが十分に大きい（遺伝的浮動の影響を無視できる）。

② 個体の生存力や繁殖力に差がない（自然選択がはたらかない）。

③ 個体の移入や移出などの遺伝子の流入・流出がない。

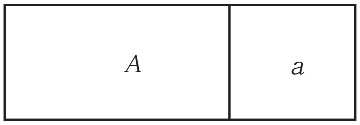
④ 突然変異が起こらない。

⑤ ランダムに交配が起こる。

以上の①～⑤が成立している場合は，世代を経ても遺伝子頻度が変化しない。すなわち，進化が起こらない。

また，この条件が保たれたまま世代を経ると，遺伝子頻度も一定の平衡状態に達し，これを遺伝的平衡（ハーディ・ワインベルグ平衡）という。このとき，遺伝子頻度と遺伝子型頻度の間に特定の関係が成立する。

遺伝子頻度　　　　　　遺伝子型頻度



⟺　$AA : Aa : aa$

$A : a = p : q$　　　　$p^2 : 2pq : q^2$

例 $A : a = 0.6 : 0.4$ ⟷ $0.36 : 0.48 : 0.16$

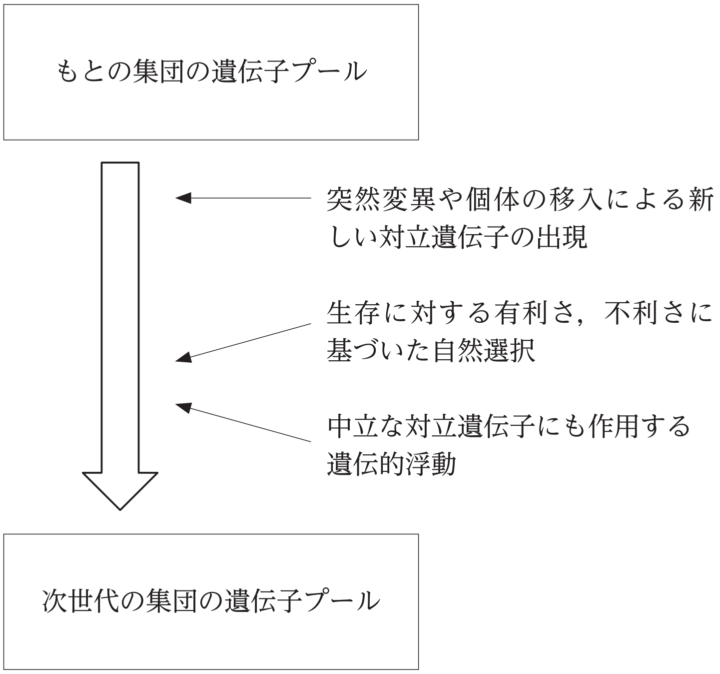
例 $A : a = 0.3 : 0.7$ ⟷ $0.09 : 0.42 : 0.49$

実際の集団では，①～⑤の条件がすべて満たされることはないため，世代を経るごとに遺伝子頻度は変化する。 これにより進化が起こることがある。

Chapter3　進化の過程

◆ 進化の過程

実際の生物集団の進化は，さまざまな要因によって起こる。



・（　　　　　　）：　遺伝子頻度の変化などの小規模な進化現象
・（　　　　　　）：　新しい種の出現などの大規模な進化現象

まとめ

・生存に影響しない中立な対立遺伝子であっても，遺伝的浮動によって遺伝子頻度が増減する。
・突然変異，自然選択，遺伝的浮動などのはたらきによって遺伝子頻度が変化し，進化が起こる。

Chapter4　演習問題

ある生物の体色を決める遺伝子 (対立遺伝子 D と d) は D をもつと体色が黒色に，もたないと白色になる。この生物のある集団で, 表現型の割合は黒色が 84%, 白色が 16%であった。この集団内で a 任意に交配が起こると，次世代の表現型の割合は親世代と同じになる。このとき，D の遺伝子頻度 (p) は [X]，d の遺伝子頻度 (q) は [Y] になり，遺伝子型がヘテロ接合体の個体の割合は集団全体の [Z] %になる。

問 1　X・Y に入る値をそれぞれ一つずつ選べ。

① 0.1　② 0.2　③ 0.3　④ 0.4　⑤ 0.5　⑥ 0.6
⑦ 0.7　⑧ 0.8　⑨ 0.9

問 2　Z に入る値を一つ選べ。

① 6　② 12　③ 18　④ 24　⑤ 36　⑥ 48
⑦ 60　⑧ 72　⑨ 84　⑩ 96

問 3　下線部 a のほかにハーディ・ワインベルグの法則が成り立つために必要な条件はどれか。答えは ＜ 解答群 ＞ の中から一つ選べ。

ア　遺伝子型や表現型の違いによる自然選択がはたらかない。
イ　集団に発生した突然変異が遺伝する。
ウ　他の集団との間で個体の移出や移入がない。

＜ 解答群 ＞

① ア　② イ　③ ウ　④ アとイ
⑤ アとウ　⑥ イとウ　⑦ アとイとウ

< Note >

第 4 講　PART2　確認問題

問 1　突然変異で生じた，生存や繁殖に影響を与える対立遺伝子には，（　ア　）がはたらくため，生存に有利な対立遺伝子は集団内に広がりやすくなる。一方で，突然変異で生じた対立遺伝子の大部分は，生存や繁殖に影響しない中立的なものである。中立な突然変異でも，（　イ　）によって世代を経るなかで遺伝子頻度に変化が生じることがあり，このような進化を（　ウ　）という。

実際の生物集団の進化は，上記のようにさまざまな要因によって起こるが，(a)規模の大きさにより小進化や大進化がある。

(1)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　自然選択　　②　種分化
③　地理的隔離　　④　共進化

(2)　文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　適応放散　　②　収れん
③　遺伝的浮動　　④　性選択

(3)　文中の（　ウ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　適応進化　　②　中立進化
③　共進化　　④　化学進化

(4)　下線部 (a) について，遺伝子頻度の変化は「小進化」，「大進化」のどちらの進化現象か。適当なものを，次の①，②のうちから一つ選べ。

①　小進化　　②　大進化

問2　ある生物集団について，遺伝子頻度が世代を経ても変化しないとき，ハーディ・ワインベルグの法則が成立し，この状態である生物集団は（　ア　）にあるという。しかし，実際の生物集団ではハーディ・ワインベルグの法則は成立しないため，遺伝子頻度は変化し，これにより進化が起こる。

(1)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　遺伝的浮動　　②　中立
③　遺伝的平衡　　④　共進化

(2)　ある生物集団において，ハーディ・ワインベルグの法則が成り立つとする。親世代の対立遺伝子（A と a）の遺伝子頻度は，$A：a = 0.8：0.2$ であった。この親世代から生じるヘテロ接合体の子の遺伝子型頻度として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　0.04　　②　0.16
③　0.32　　④　0.64

PART3　種分化

目標
・どのような集団を種とよぶのかを理解する。
・地理的隔離と生殖的隔離の違いを理解する。

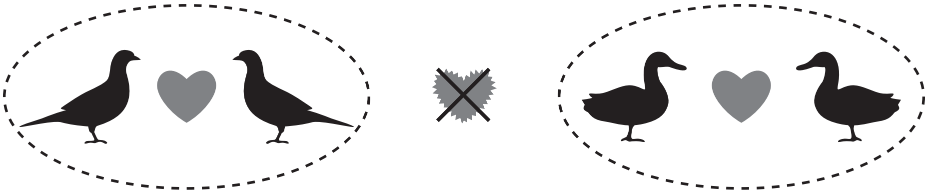
Chapter1　種の定義

◆ 種

個体どうしの交配によって生殖能力をもった次世代が生まれる生物集団を，（　　　）という。

例　ウマ　×　ロバ
　　　　｜　　　　　　ラバは生殖能力がない。
　　　ラバ　　→　ウマとロバは別種

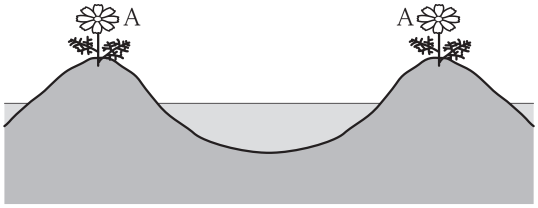
ブタ　×　イノシシ
　　　　｜　　　　　　イノブタは生殖能力がある。
　　イノブタ　　→　ブタとイノシシは同種



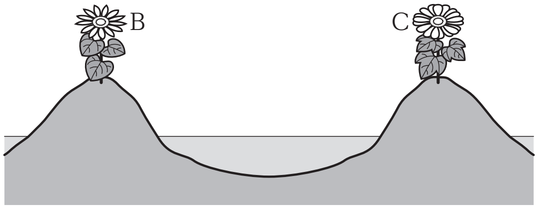
Chapter2　隔離と種分化

◆ 隔離

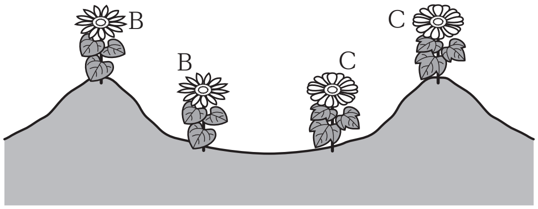
生物の集団が地理的な問題によって 2 つの集団に分断され，集団間で交配できなくなることを，(　　　　　　　　　) という。



地理的隔離が長く続いた場合，自然選択と遺伝的浮動によってそれぞれの集団に独自の遺伝的変異が蓄積していく。



やがて，地理的隔離が解消されて 2 つの集団が同所に混在する状況になっても，生殖にかかわる形質について差が生じた結果，集団間で交配が起こらない場合がある。これを (　　　　　　　　　) という。

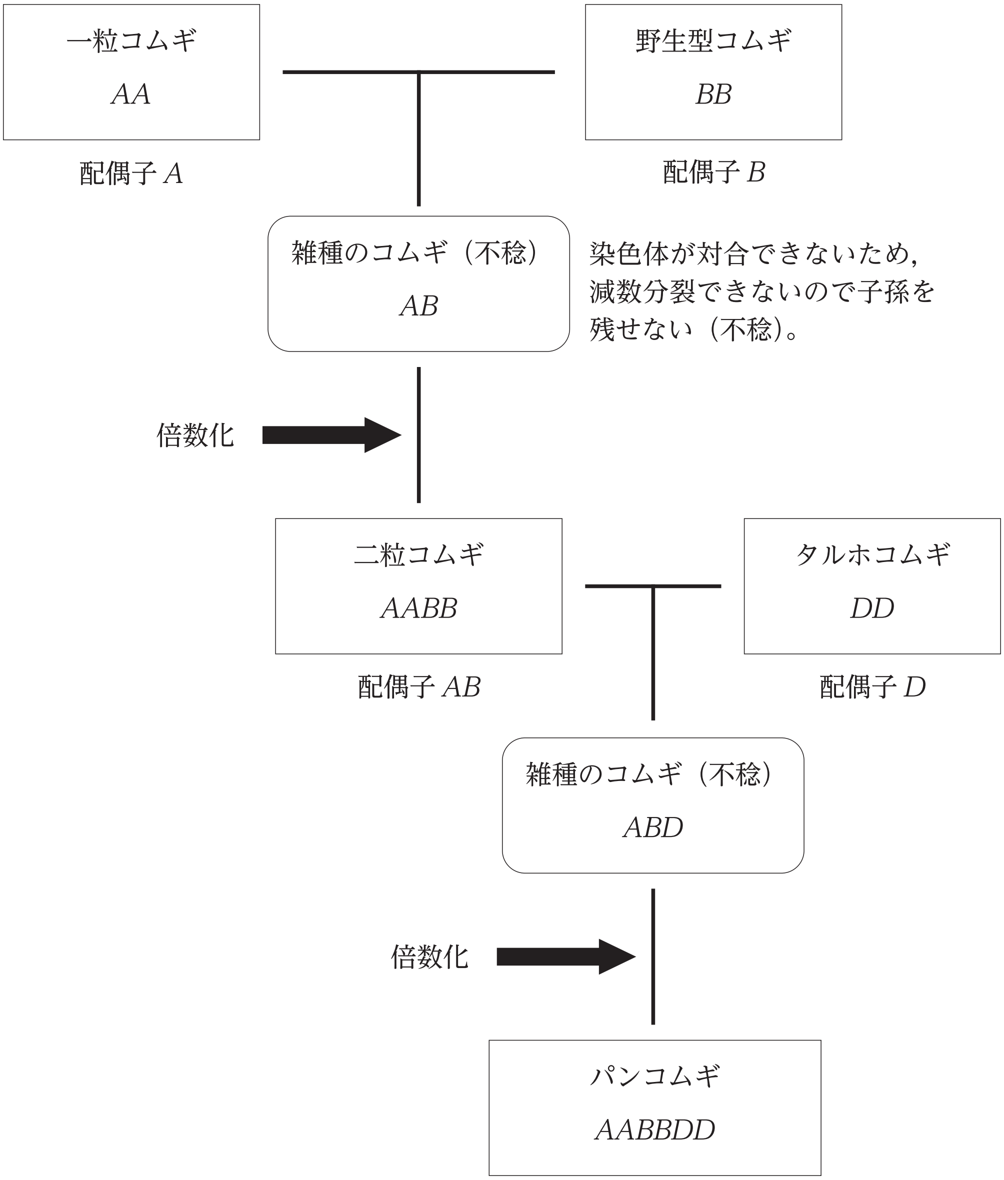


生殖的隔離が成立した 2 つの集団は，それぞれ別の種となる。このように，1 つの種から複数の種が生じることを，(　　　　　　) という。

Chapter3　染色体の倍数化と種分化

◆ 染色体の倍数化

植物では，異種交配によって生じた雑種において，染色体の倍数化が起こることで新しい種が生じる場合がある。



まとめ

・他の集団から生殖的に隔離されている生物集団を「種」という。

・隔離や倍数化によって新種が生じる過程を種分化という。

Chapter4　演習問題

問　次の文中の空欄（　ア　）～（　オ　）に入る語句を答えなさい。

　同種の集団が山脈や海などの障壁に阻まれて，いくつかの集団に分かれ，自由な交配が妨げられることがある。このような現象を(　ア　)という。(　ア　)により交配できなくなった集団は，それぞれの環境に適応して，形態的にも生理的にも異なるようになる。この結果，2 つの集団の地理的な障壁がなくなり両者が再び出合っても交配できなくなったり，あるいは生殖能力のある子どもができない状態になったりする。これを（　イ　）といい，新しい種が形成された状態と考えることができる。つまり，(　イ　)の成立を基準に種分化が起こったとみなすことができる。

　すべての生物種は，共通の祖先から種分化を繰り返して現在に至ったと考えられている。種分化が起こるためには，まず，祖先種の個体間に遺伝的変異がある必要がある。遺伝的変異は主に，DNA の塩基配列に変異が生じることや，（　ウ　）の数や構造が変化することによって生じる。遺伝的変異は，同種の個体間に，体の形や大きさ，色や行動パターンなどの変化をもたらすが，これを形質の変異という。環境に適した形質をもつ個体は，生存や繁殖に有利になるため，集団におけるその形質をもつ個体の割合が増加していく。これが（　エ　）である。

　この他に，突然変異によって生じた中立な対立遺伝子が（　オ　）によって偶然集団に広まる場合がある。(　ア　)によって生じた小集団では特に(　オ　)の影響が出やすいため，環境への適応とは関係なく遺伝子頻度が変化しやすい。

第４講　PART3　確認問題

問１　種の定義を表した次の文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，後の①～④のうちから一つ選べ。

「個体どうしの交配によって（　ア　）能力をもった次世代が生まれる生物集団」

① 再生　② 分割
③ 分裂　④ 生殖

問２　ある生物の集団が，(a)地理的な理由で２つの集団に分断され，集団間で交配できなくなる現象が長く続いた場合，それぞれの集団に独自の遺伝的変異が蓄積していく。やがて，これらの集団が同所に混在する状況になっても，(b)生殖にかかわる形質に差が生じた結果，集団間で交配が起こらない場合があり，それぞれ独立した集団として存在し続け，新しい種となる。このように，１つの種から複数の種が生じることを（　ア　）という。

(1)　下線部(a)について，このことを何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 地理的隔離　② 遺伝的浮動
③ 生殖的隔離　④ 遺伝的平衡

(2)　下線部(b)について，このことを何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 地理的隔離　② 遺伝的浮動
③ 生殖的隔離　④ 遺伝的平衡

(3)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

① 自然選択　② 小進化　③ 種分化

問３　植物では，異種交配によって生じた雑種において，染色体の倍数化が起こることで新しい種が生じる場合があり，パンコムギはその例である。パンコムギは次のようにして生じる。いずれも $2n=14$ の一粒コムギ（遺伝子型：*AA*）と野生型コムギ（遺伝子型：*BB*）の交配によって生じた雑種コムギ（遺伝子型：*AB*）の倍数化により生じた二粒コムギ（遺伝子型：(　ア　)）と，$2n=14$ のタルホコムギ（遺伝子型：*DD*）を交配させて雑種コムギ（遺伝子型：(　イ　)）をつくり，その後に倍数化させたものがパンコムギである。

(1)　文中の（　ア　）に当てはまる遺伝子型として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　*AA*　　②　*BB*
③　*AB*　　④　*AABB*

(2)　文中の（　イ　）に当てはまる遺伝子型として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　*AABB*　　②　*ABD*
③　*ABDD*　　④　*AABBDD*

第 5 講　生物の系統と進化

PART1　生物の分類

目標
・系統にもとづいた分類と，その階層を理解する。
・二名法の構成を理解する。

Chapter1　分類の階層と学名

◆ 分類の階層

すべての生物は共通の祖先から進化を経て生じているため，さまざまな共通性がみられる。生物を共通性にもとづいてグループに分けることを（　　　　）といい，一般的な分類では，（　　　）を基本的な単位としている。さらに，近縁な種を合わせて（　　　），近縁な属を合わせて（　　　）のように，階層的に分類される。

種―属―（　　　）―（　　　）―（　　　）―（　　　）―（　　　）―（　　　　　）

ドメイン	細菌 (バクテリア)	アーキア (古細菌)	真核生物 (ユーカリア)	
界	原生生物界	植物界	動物界	菌界
門	脊索動物門	棘皮動物門	節足動物門	…
綱	昆虫綱	ムカデ綱	クモ綱	…
目	チョウ目	ハエ目	トンボ目	…
科	アゲハチョウ科	シロチョウ科	カイコガ科	…
属	アゲハチョウ属	ジャコウアゲハ属	アオスジアゲハ属	…
種	クロアゲハ	タスキアゲハ	ミヤマカラスアゲハ	…

◆ 学名

世界共通で用いることができる種名を，（　　　　　）という。学名は，リンネによって確立された（　　　　　）にもとづいて，属名　＋　（　　　　　）の組み合わせで表される。

例

和名	学名：属名	学名：種小名
（ヒト）	*Homo*	*sapiens*

例

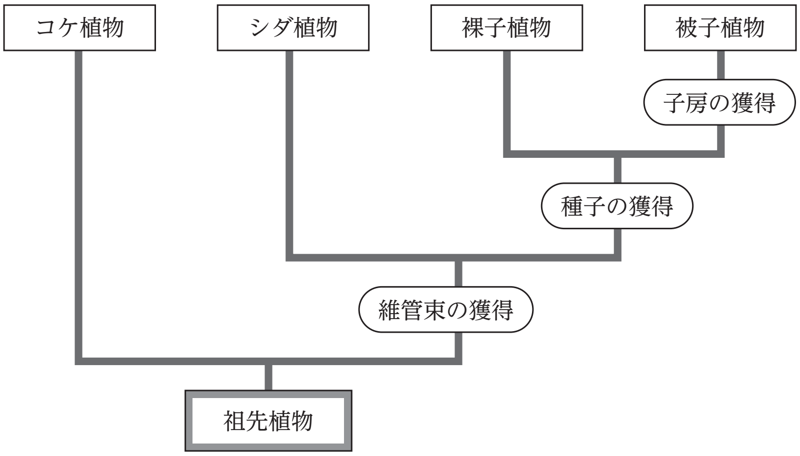
ホペイオオクワガタ	*Dorcus hopei*
コクワガタ	*Dorcus rectus*
ノコギリクワガタ	*Prosopocoilus inclinatus*

現在では，およそ 190 万種の生物に学名がつけられている。実際には，さらに多くの生物種が存在すると考えられている。

Chapter2　進化の道すじ：系統

◆ 系統と系統樹

共通祖先から生物が進化してきた道すじを（　　　　　）といい，系統関係を枝分かれした樹状に表現した図を，（　　　　　）という。



まとめ

・分類の階層は，上位からドメイン―界―門―綱―目―科―属―種。

・系統にもとづく分類の基本単位は種であり，二名法によって学名がつけられている。

Chapter3　演習問題

地球上には非常に多くの種類の生物が生息し，紀元前の時代から，我々は生物を分類してきた。現在，生物を分類する基本単位としては種が用いられる。生物の種を示す際にはリンネが確立した二名法による［ア］が用いられる。二名法では［イ］と［ウ］の組み合わせで種名が示される。例えば，ヒトの学名は *Homo sapiens*（ホモ・サピエンス）であり，*Homo* が［イ］，*sapiens* が［ウ］である。生物の分類では，互いに似た生物をまとめることで分類階層が設定される。たとえば，(a)ヒトという「種」は哺乳類に含まれるが，哺乳類は「綱」の階層にあたる。

問 1　文中の空欄［ア］～［ウ］に入る語句を答えよ。

問 2　下線部 (a) に関して，「種」と「綱」の間には，基本的な分類階層がいくつあるか。最も適切なものを，次の①～⑥の中から一つ選べ。

① 1つ　② 2つ　③ 3つ　④ 4つ　⑤ 5つ　⑥ 6つ

第5講　PART1　確認問題

問1　すべての生物は共通の祖先から進化を経て生じているため，共通性にもとづいて分類することができる。

次は，生物の分類の階層を，基本単位である種から順に並べたものである。

種－（　ア　）－科－（　イ　）－綱－門－界－（　ウ　）

(1)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　目　　②　胚
③　属　　④　ドメイン

(2)　文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　目　　②　胚
③　属　　④　ドメイン

(3)　文中の（　ウ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　目　　②　胚
③　属　　④　ドメイン

(4)　共通祖先から生物が進化してきた道すじを何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　適応　　②　系統
③　共進化　　④　種分化

問2　次の学名はホペイオオクワガタを表している。

Dorcus hopei

(1)　上のような表し方を最初に確立した生物学者名として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　マーグリス　　②　ホイッタカー
③　ワトソン　　④　リンネ

(2)　上のような学名のうち，*hopei* の部分を示す語句として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　属名　　②　種小名　　③　和名

PART2　分子系統樹

目標
・分子進化や分子時計の意味を理解する。
・簡単な分子系統樹を描けるようにする。

Chapter1　分子進化と分子時計

◆ 分子進化

DNAの塩基配列は，突然変異によって変化する。また，DNAの塩基配列が変化した結果，タンパク質のアミノ酸配列が変化する場合もある。生存や繁殖に有利な突然変異は自然選択によって集団に広まる一方で，生存や繁殖に影響しない中立な突然変異であっても遺伝的浮動によって集団に広まる可能性がある。このようなDNAの塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列にみられる変化を（　　　　　　）という。

◆ 分子時計

突然変異は概ね一定の確率で起こるため，分子進化において，DNAの塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列が変化していく速度は，遺伝子やタンパク質ごとに概ね一定となる。この速度の一定性を（　　　　　　）という。

Chapter2　分子系統樹

◆ 分子系統樹

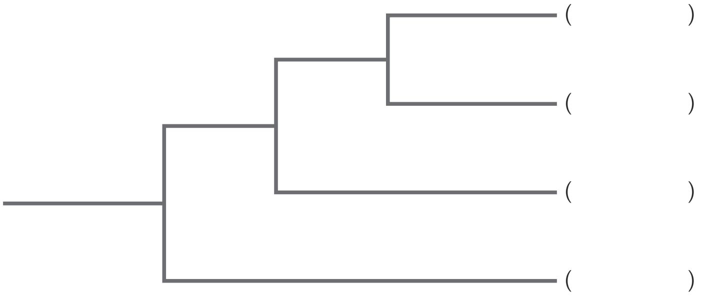
共通祖先から２種が分岐した後，それぞれの系統において分子進化が進むため，２種に共通する遺伝子の塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列を比較すると，違いがみられる。分岐した年代が古い２種間ほど配列における違いの数が多くなることを利用して，系統樹を作成することができる。DNA の塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列の情報にもとづいて作成された系統樹は，（　　　　　　　　）とよばれる。

例 ４種の生物 (種 A ～種 D) について, ある共通の遺伝子の塩基配列を調べる実験を行い, 塩基の違う数をまとめたところ，次の表 1 が得られた。

表 1

	A	B	C	D
A	0	14	6	10
B		0	14	14
C			0	10
D				0

表 1 の結果から，次の分子系統樹を作成できる。



まとめ

・分子進化の速度は，遺伝子やタンパク質ごとに概ね一定になる。
・タンパク質のアミノ酸配列や DNA の塩基配列の情報にもとづいて作成された系統樹を，分子系統樹という。

Chapter3　演習問題

問　表１は生物種Ａ～Ｆのタンパク質Ｗでのアミノ酸置換数である。図１は生物種Ａ～Ｆの表１を用いて作成した分子系統樹である。生物種Ａ～Ｆ間のアミノ酸置換数と分岐後の年数は比例関係にある。

表１

	A	B	C	D	E	F
A	−	70	50	30	80	30
B	−	−	75	75	85	75
C	−	−	−	50	85	50
D	−	−	−	−	80	20
E	−	−	−	−	−	80
F	−	−	−	−	−	−

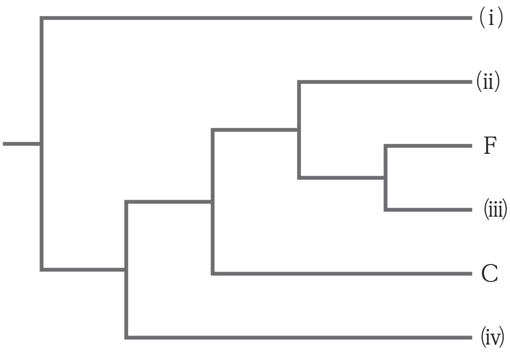


図１

図１中の(i)～(iv)に入るＣ，Ｆ以外の生物種の組み合わせとして適切なものを，次の①～⑧の中から一つ選べ。

	(i)	(ii)	(iii)	(iv)
①	A	B	D	E
②	A	E	D	B
③	B	A	D	E
④	B	D	A	E
⑤	D	A	B	E
⑥	D	A	E	B
⑦	E	A	D	B
⑧	E	B	D	A

< Note >

第 5 講　PART2　確認問題

問１　DNA の塩基配列が突然変異によって変化した結果，タンパク質のアミノ酸配列が変化する場合がある。このような DNA の塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列にみられる変化を（　ア　）といい，(a)その速度は遺伝子やタンパク質ごとに概ね一定である。DNA の塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列の情報にもとづいて（　イ　）を作成することができる。

⑴　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　共進化　　②　分子進化
③　化学進化　　④　中立進化

⑵　下線部 (a) について，この速度の一定性のことを何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　遺伝的平衡　　②　分子時計
③　適応進化　　④　自然選択

⑶　文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

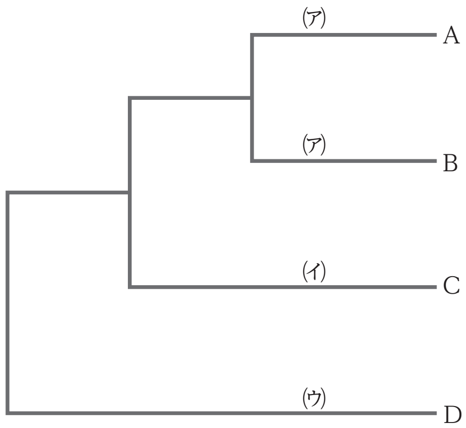
①　染色体地図　　②　生産構造図
③　分子系統樹　　④　遺伝暗号表

問２　次の表は，４種の生物（A，B，C，D）の塩基配列の違いの度合いを％で示したものである。このデータを用いて，下図のように系統樹を作成した。ただし，図中の（　ア　）～（　ウ　）はそれぞれ枝の長さを表しているものとする。

表

	A	B	C
B	1.2	−	−
C	3.1	3.3	−
D	6.8	7.0	6.6

図



(1)　図中の（　ア　）に当てはまる数として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　0.6　　②　1.2
③　1.8　　④　2.4

(2)　図中の（　イ　）に当てはまる数として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　1.6　　②　3.2
③　4.8　　④　6.4

(3)　図中の（　ウ　）に当てはまる数として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　1.7　　②　3.4
③　5.1　　④　6.8

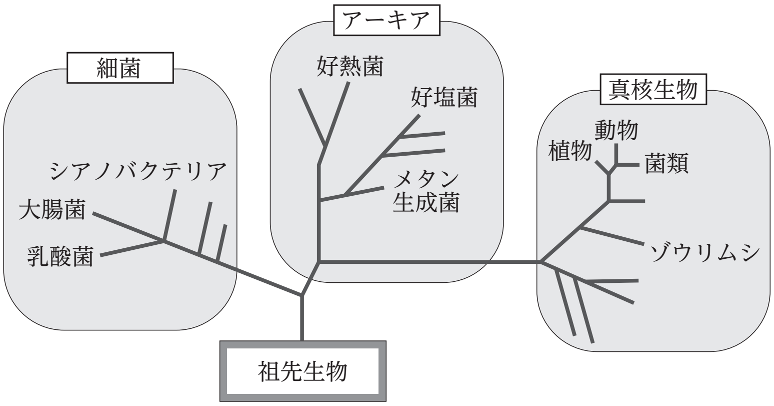
PART3　生物の系統と分類

目標
・ドメインによる生物の分類の大枠を理解する。
・真核生物の分類の体系を理解する。

Chapter1　3ドメイン説

◆ 3ドメイン

すべての生物がもつリボソームの構成要素である（　　　　　）の塩基配列から，生物は（　　　　）（バクテリア）ドメイン・（　　　　　　）（古細菌）ドメイン・（　　　　　）（ユーカリア）ドメインに分けられる。細菌ドメインがもっとも古く分岐し，その後にアーキアと真核生物が分岐した。



・細菌ドメイン

例 従属栄養の細菌：大腸菌，乳酸菌，根粒菌

独立栄養の細菌：硝酸菌，緑色硫黄細菌，シアノバクテリア（ネンジュモ，ユレモ）

・アーキアドメイン

例 超好熱菌，高度好塩菌，メタン生成菌

・真核生物ドメイン

原生生物，植物，菌類，動物などに大別される。

Chapter2　真核生物：原生生物・植物

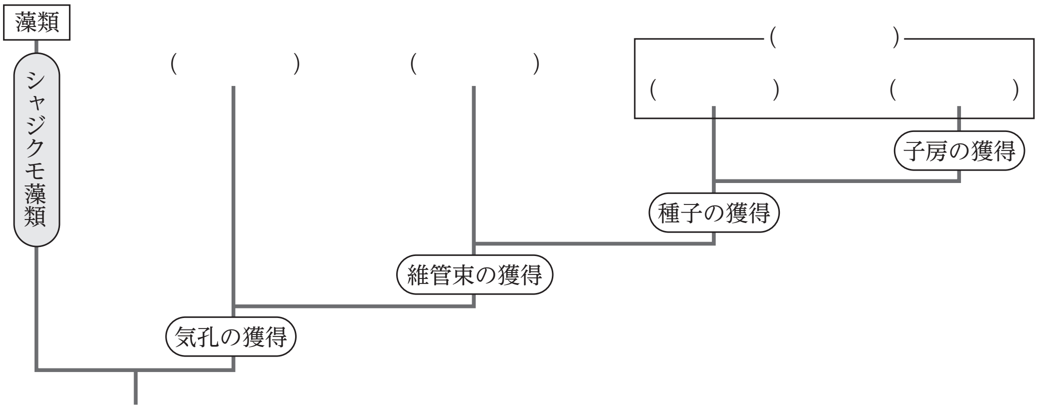
◆ 原生生物

真核生物のなかで，単細胞生物や体の構造が単純な多細胞生物が（　　　　　　　）としてまとめられている。原生生物は，藻類・粘菌・原生動物などに大別される。鞭毛で動きながら光合成を行うミドリムシは藻類を二次的に共生させた結果生じたと考えられる。

藻類　緑藻類　例 アオサ，クロレラ
　　　褐藻類　例 コンブ，ワカメ
　　　紅藻類　例 テングサ，アサクサノリ
粘菌類　例 キイロタマホコリカビ
原生動物　例 ゾウリムシ，アメーバ，マラリア原虫

◆ 植物

真核生物のなかで，陸上で光合成を行う多細胞生物が（　　　　　）としてまとめられている。緑藻類に近いシャジクモ類の一種を起源としており，光合成色素としてクロロフィル a とクロロフィル b をもつ。



Chapter3　真核生物：菌類・動物

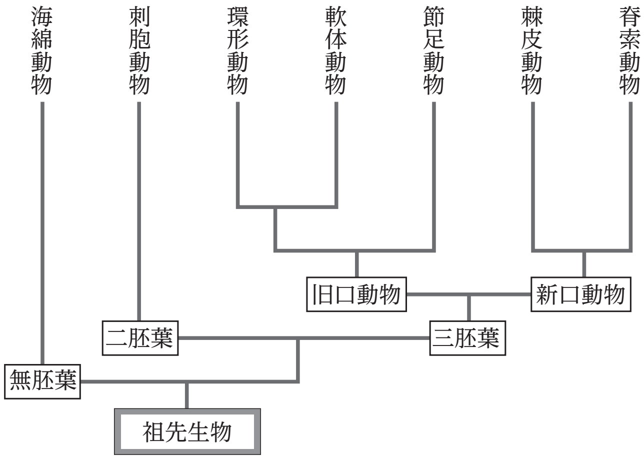
◆ 菌類

　真核生物のなかで，体外で有機物を分解して利用する従属栄養の生物が（　　　　　）としてまとめられている。菌類の多くは，からだが（　　　　　）でできている。

例 子のう菌類　アカパンカビなど
　担子菌類　　シイタケなど

◆ 動物

　真核生物のなかで，運動性があり，体内で有機物を分解して利用する従属栄養の多細胞生物が（　　　　　）としてまとめられている。原生動物のえり鞭毛虫を起源としている。



例 刺胞動物　ミズクラゲ，サンゴ　　環形動物　ミミズ，ゴカイ
　軟体動物　イカ，カタツムリ　　節足動物　エビ，ミツバチ
　棘皮動物　ウニ，ヒトデ　　脊索動物　ヒト，ナメクジウオ

まとめ
・生物は，細菌・アーキア・真核生物の３つのドメインに大別される。
・真核生物は，原生生物，植物，菌類，動物などに大別される。

Chapter4　演習問題

生物は，細胞の構造から大きく真核生物と原核生物に分けられ，さらに原核生物は rRNA の塩基配列にもとづいてアーキアと(a)細菌に分類される。このように生物世界を真核生物とアーキア，細菌の３群に分類する考え方を３ドメイン説とよぶ。

真核生物ドメインには，原生生物，(b)植物，菌類，(c)動物などが含まれる。

問１　下線部(a)の細菌ドメインに分類される生物のみの組み合わせとして最も適当なものを，次の①～⑤のうちから一つ選べ。

①　大腸菌，粘菌　　②　大腸菌，メタン菌　　③　大腸菌，ネンジュモ

④　粘菌，メタン菌　　⑤　粘菌，ネンジュモ

問２　下線部(b)の植物に関する記述として正しいものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　すべての植物は，種子を形成する。

②　すべての植物は，クロロフィル a とクロロフィル b をもつ。

③　すべての植物は，維管束をもつ。

④　すべての植物は，子房をもつ。

問３　下線部(c)の動物に関する記述として正しいものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　一部の動物は，独立栄養生物である。

②　動物はすべて三胚葉生物である。

③　原生動物のなかで，えり鞭毛虫が動物に最も近縁であると考えられる。

④　新口動物には，節足動物と脊索動物が含まれる。

第５講 PART3　確認問題

問１　すべての生物が共通してもつ（　ア　）の塩基配列から，生物は(a)細菌ドメイン・（　イ　）ドメイン・(b)真核生物ドメインの３つのドメインに分けられる。

(1)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　tRNA　　②　mRNA　　③　rRNA

(2)　下線部(a)について，細菌ドメインは３つのドメインのうち，何番目に分岐したか。最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　１番目　　②　２番目　　③　３番目

(3)　文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　アーキア　　②　バクテリア
③　ユーカリア

(4)　下線部(b)について，真核生物ドメインとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　大腸菌　　②　ミドリムシ
③　メタン生成菌　　④　シアノバクテリア

問２　原生生物に関する次の問いに答えよ。

⑴　粘菌類として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　キイロタマホコリカビ　　②　アメーバ
③　アサクサノリ　　④　クロレラ

⑵　原生動物として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　キイロタマホコリカビ　　②　アメーバ
③　アサクサノリ　　④　クロレラ

問３　植物は，光合成色素としてクロロフィルａと何をもつか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　クロロフィルｂ　　②　クロマチン
③　リボソーム　　④　カロテン

問４　多くの菌類において，からだは何でできているか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　胞子　　②　酵母
③　胚膜　　④　菌糸

PART4　人類の進化

目標
・樹上生活に適応した霊長類の特徴を理解する。
・類人猿と比較した場合の人類の特徴を理解する。

Chapter1　霊長類とその特徴

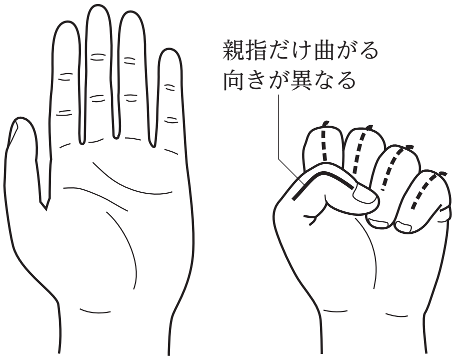
◆ 霊長類の特徴

ヒトは，真核生物ドメイン・動物界・脊索動物門・哺乳綱・霊長目・ヒト科・ヒト属に属する。

霊長類はサルのなかまであり，樹上生活に適応した次のような特徴をもっている。

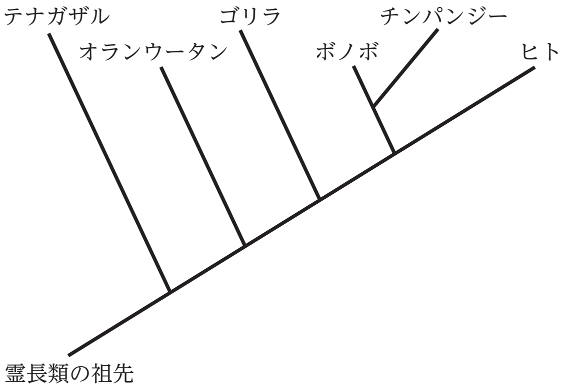
・立体視の範囲が広い：
　両眼が前方を向いている。

・（　　　　　　　）：
　親指が他の指と向き合う。



◆ 類人猿

霊長類のなかで，ヒトに近縁な生物群を（　　　　　）という。現生の生物では，チンパンジーやボノボ，ゴリラ，オランウータンやテナガザルを含めたグループであり，チンパンジーやボノボが最もヒトに近縁である。

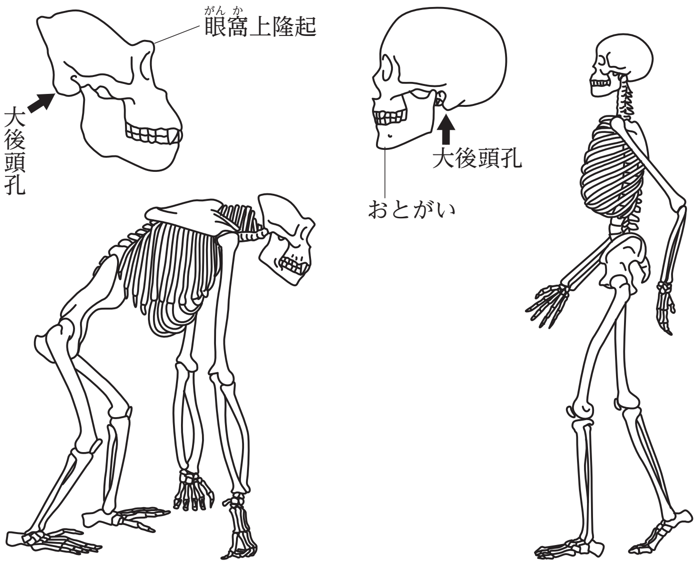


Chapter2　人類の進化とその特徴

◆ 人類の進化と特徴

およそ 700 万年前，二本足で直立して歩く（　　　　　　　　）を獲得することで地上生活に適応した人類が出現したと考えられている。人類の骨格には，類人猿とは異なる特徴がみられる。

	類人猿	現生人類
脳容積	500mL	1500mL
眼窩上隆起	発達	なし
おとがい	なし	あり
大後頭孔	斜め下に開口	真下に開口
脊柱	アーチ状	S 字状
骨盤	縦長	横広



まとめ

・霊長類の立体視や拇指対向性は，樹上生活に適応した特徴である。

・ヒトには，霊長類に共通する特徴と，直立二足歩行などヒト固有の特徴がある。

Chapter3　演習問題

人類の出現の過程では，霊長類の出現と分化，および類人猿から人類への進化，の二つの段階が重要であると考えられている。

問１　霊長類にみられる特徴に関する次の記述(a)~(d)のうち正しい記述を過不足なく選んだものはどれか。最も適当なものを，あとの①～⑩のうちから一つ選べ。

(a) 霊長類は主に樹上生活者として多様化した。
(b) すべての霊長類は，かぎ爪をもっている。
(c) 多くの霊長類は親指が他の指と離れて向き合う拇指対向性をもつ。
(d) 霊長類は視覚よりも嗅覚が発達した。

① (a)のみ　② (b)のみ　③ (c)のみ　④ (d)のみ　⑤ (a)と(b)
⑥ (a)と(c)　⑦ (a)と(d)　⑧ (b)と(c)　⑨ (b)と(d)　⑩ (c)と(d)

問２　次の(a)~(d)のうち，類人猿にはみられず，人類のみにみられる特徴として正しい記述を過不足なく選んだものはどれか。最も適当なものを, あとの①～⑩のうちから一つ選べ。

(a) 直立二足歩行する。
(b) 両眼が顔の前面についている。
(c) 胎生である。
(d) 大後頭孔が頭骨の真下に開いている。

① (a)のみ　② (b)のみ　③ (c)のみ　④ (d)のみ　⑤ (a)と(b)
⑥ (a)と(c)　⑦ (a)と(d)　⑧ (b)と(c)　⑨ (b)と(d)　⑩ (c)と(d)

< Note >

第５講　PART4　確認問題

問１　ヒトの属する霊長類はサルのなかまであり，樹上生活に適したいくつかの特徴をもつ。例えば，両眼が前方を向いているので（　ア　）点や，(a)親指が他の指と向き合っている（（　イ　）という）点などがある。

(1)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。
①　遠くを見ることができる
②　視力を上げられる
③　立体視をする範囲が広い
④　近くを見ることができる

(2)　下線部(a)について，この特徴は何をすることに適した形状か。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。
①　走る　　②　つかむ
③　たたく　　④　ひっかく

(3)　文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。
①　選択的透過性　　②　拇指対向性
③　フォールディング　　④　基質特異性

問2　人類はおよそ700万年前，類人猿との大きな違いである（　ア　）を獲得することで出現したと考えられている。他にも類人猿と人類には，異なる特徴がある。次の表は，類人猿と現生人類の特徴を比較して，まとめたものである。

	類人猿	現生人類
脳容積	500mL	（　イ　）mL
大後頭孔の開口部	斜め下	（　ウ　）
脊柱	アーチ状	（　エ　）

(1)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　眼窩上隆起　　②　犬歯
③　骨盤　　④　直立二足歩行

(2)　表中の（　イ　）に当てはまる数として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　300　　②　500
③　1000　　④　1500

(3)　表中の（　ウ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　斜め上　　②　真上　　③　真下

(4)　表中の（　エ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　直線状　　②　S字状　　③　C字状

第6講　物質と細胞

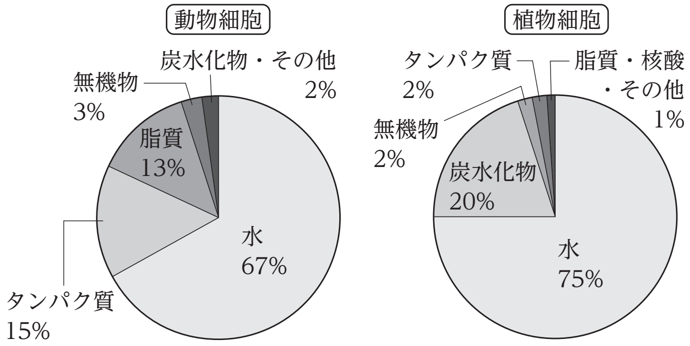
PART1　細胞の構造

目標
・原核細胞と真核細胞の違いを理解する。
・細胞小器官の構造と機能を把握する。

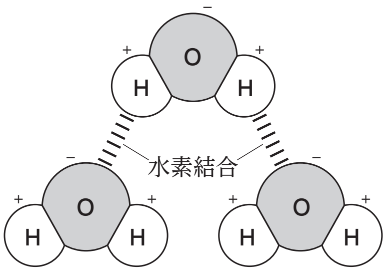
Chapter1　細胞を構成する物質

◆ 細胞を構成する物質

動物細胞：水―タンパク質―脂質　　　植物細胞：水―炭水化物―タンパク質



水分子どうしは，(　　　　　　) によってゆるやかに結合しており，さまざまな成分を溶かし込むことで生体内の化学反応の場となる。



◆ 有機物

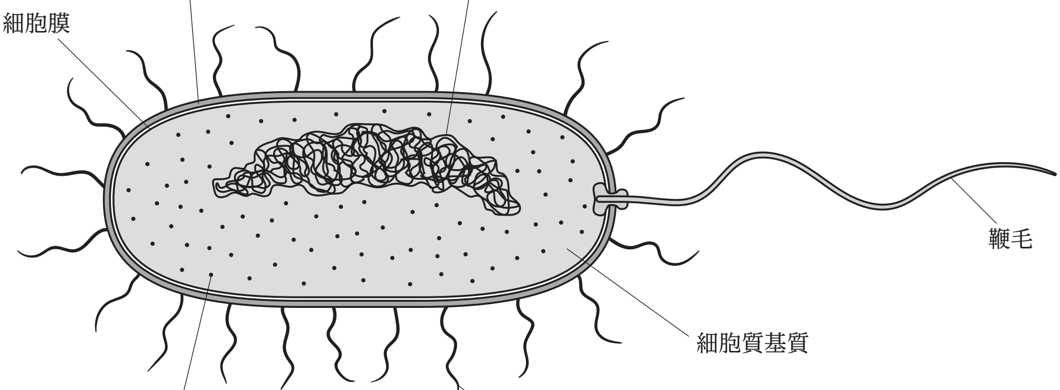
物質	構成元素	はたらき
タンパク質	C，H，O，N，S	固有の立体構造を形成し，さまざまな生理活性を示す。酵素や抗体，ホルモンなどの主成分となる。 構成単位：アミノ酸
炭水化物	C，H，O	主たる呼吸基質となる。また，セルロースは細胞壁の主成分となる。
脂質	C，H，O（，P）	脂肪は呼吸基質となる。リン脂質は生体膜の主成分となる。
核酸	C，H，O，N，P	DNA（デオキシリボ核酸）と RNA（リボ核酸）がある。DNA は遺伝子の本体として，RNA は遺伝子発現の過程ではたらく。構成単位：ヌクレオチド

細胞には，Na や K，Cl などの（　　　　　　　）なども含まれている。

Chapter2　原核細胞と真核細胞

・細胞は，単純な構造の（　　　　　　）と，内部に核やさまざまな（　　　　　　）が観察される（　　　　　　）に分類される。

◆ **原核細胞**…大きさは1～10μm程度で，内部には核や膜をもつ細胞小器官がない。
からだが原核細胞でできた生物を，（　　　　　　）という。



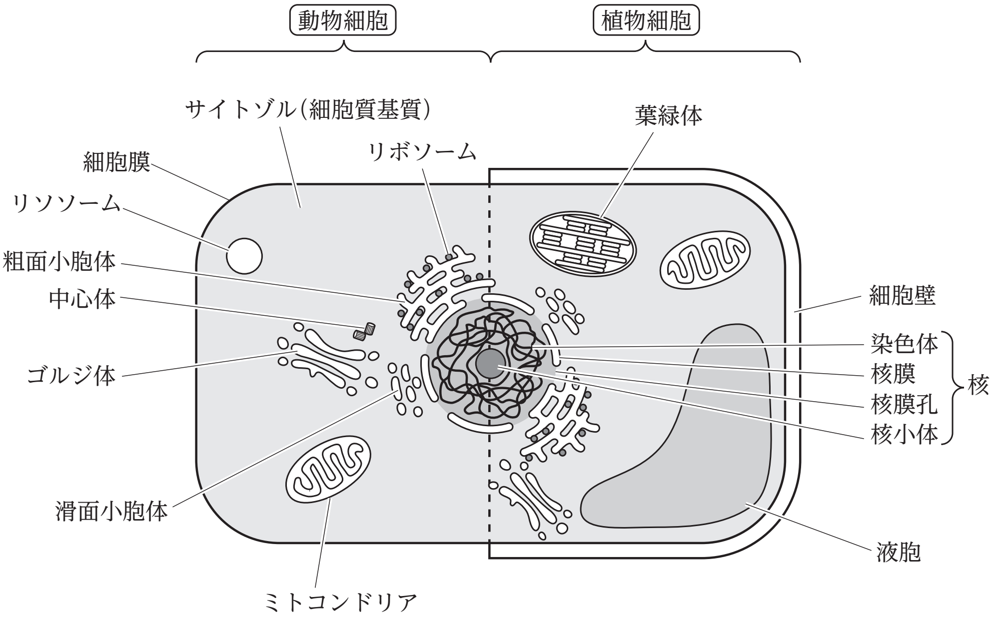
（　　　　）（バクテリア）や（　　　　　　）（古細菌）に分けられる。

例 細菌：大腸菌，乳酸菌　　アーキア：超好熱菌，メタン生成菌

◆ **真核細胞**…大きさは10～100μm程度で，内部に核やさまざまな細胞小器官がみられる。

（　　　）：遺伝子の本体である DNA が（　　　　　　）とよばれるタンパク質とともに存在している。

（　　　　　）
- 細胞膜
- （　　　　　　　　）（細胞質基質）
- 細胞小器官 例 ミトコンドリア，葉緑体



からだが真核細胞でできた生物を，（　　　　　　）という。動物細胞と植物細胞では異なる部分がある。

真核生物には，1 つの細胞でからだができている（　　　　　　）と，複数の細胞でからだができている（　　　　　　）がある。

例 単細胞生物：ゾウリムシ，クロレラ
　多細胞生物：ヒト，ツバキ

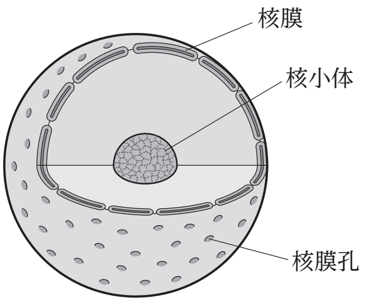
Chapter3　真核細胞の細胞小器官

・真核細胞内には，固有の機能をもったさまざまな細胞小器官が存在する。

◆ 二重膜の構造

・核：細胞の生命活動の中枢。

（　　　　）で包まれており，内部に DNA とタンパク質でできたクロマチンと球状の（　　　　　　）が存在する。核膜には（　　　　　）が開いている。



・ミトコンドリア：酸素を使った異化である（　　　　）の場。

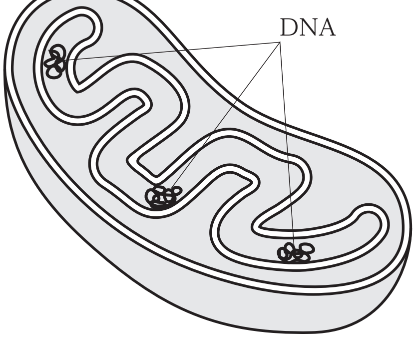
酸素を用いて有機物を分解し，ATP を生成している。

・葉緑体：光エネルギーを用いた同化である（　　　　　）の場。

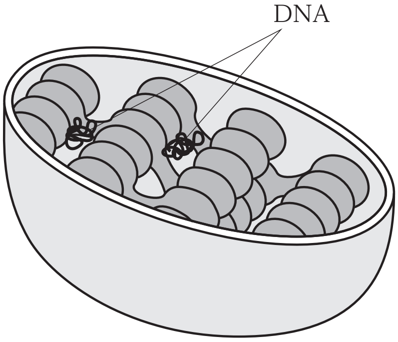
光エネルギーを用いて，二酸化炭素と水から有機物を合成している。

植物細胞でみられる。

ミトコンドリア



葉緑体



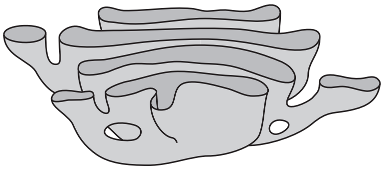
◆ 一重膜の構造

・小胞体：細胞内の物質輸送に関与。

表面にリボソームが付着した（　　　　　　）と，リボソームが付着していない（　　　　　　）がある。

・ゴルジ体：タンパク質の分泌に関与。

扁平な袋のような膜構造が層状に重なっている。



・リソソーム：細胞内消化に関与。

内部に加水分解酵素を含んでおり，細胞内の不要物を分解している。

細胞内の不要なタンパク質や細胞小器官が分解される過程は，

（　　　　　　　）（自食作用）とよばれる。

・液胞：物質の貯蔵や，細胞内の水分量や物質の濃度調節。

内部の液体は細胞液とよばれ，色素のアントシアンなどを含む。植物細胞で発達している。

・細胞膜：細胞の内外を区切る膜構造。

厚さは，5 ~ 10nm で，（　　　　　　）とタンパク質からできている。細胞内外における物質の出入りを調節している。

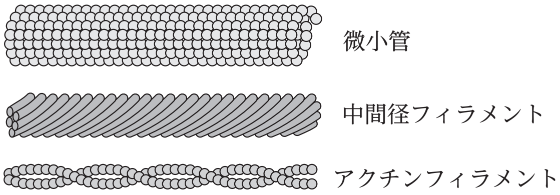
◆ 膜ではない構造

・リボソーム：タンパク質合成の場。
リボソームタンパク質と rRNA からなる。DNA の転写によって生じた mRNA と結合し，その情報にもとづいてタンパク質が合成される。

・中心体：微小管の形成の起点。
細胞分裂の際の紡錘体，鞭毛や繊毛の形成に関与している。
動物細胞で発達している。

・細胞骨格：細胞内に張り巡らされたタンパク質でできた繊維状の構造。
細胞骨格は太さに応じて，太い方から次の 3 種類に分けられる。
（　　　　）＞（　　　　　　　　）＞（　　　　　　　　）
25nm　　　10nm　　　5 ～ 9nm

・微小管：タンパク質のチューブリンが重合して形成された中空の繊維。
・中間径フィラメント：動物細胞で発達し，細胞に物理的な強度を与える。
・アクチンフィラメント：タンパク質のアクチンが重合して形成された繊維。
筋収縮やアメーバ運動，動物細胞の細胞質分裂に関与。



・サイトゾル（細胞質基質）：さまざまな代謝の場となる。

・細胞壁：細胞の形の維持，細胞の保護に関与。動物細胞には存在しない。
植物細胞の細胞壁は，（　　　　　　）からなる。

まとめ

・細胞は，原核細胞と真核細胞に大別される。
・真核細胞の内部には，さまざまな機能をもった細胞小器官が存在する。

Chapter4　演習問題

問　生物の特徴の一つは，基本単位である細胞でできているということである。1 個の細胞でできている生物を（　ア　），複数の細胞でできている生物を（　イ　）という。一方，細胞内に膜で囲まれた複雑な構造（細胞小器官）をもつ細胞は（　ウ　）といわれ，これらをもたないより単純な細胞である（　エ　）と区別される。

⑴　文中の（　ア　）～（　エ　）に入る語句を答えよ。

⑵　（　ウ　）からなる生物の例を**二つ**，（　エ　）からなる生物の例を**一つ**，次の①～④より選べ。

①　大腸菌　　②　インフルエンザウイルス　　③　マウス　　④　アブラナ

⑶　次に挙げる細胞内の構造あるいは構成物⒜～⒟について，そのはたらきをAの選択肢から，該当する模式図をBの図中からそれぞれ選べ。

⒜　核　　⒝　ミトコンドリア　　⒞　葉緑体

⒟　細胞膜

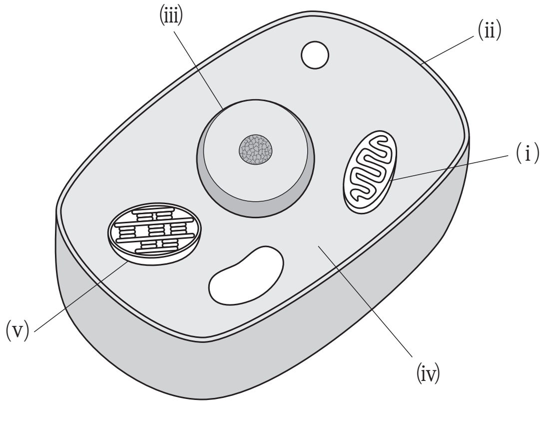
A　㈠ 細胞の内部と外部との隔たりをつくる構造。

(い) 細胞内に通常一つしかない構造で DNA を含む。

(う) 光のエネルギーを用いて，光合成を行う。

(え) 酸素を用いた呼吸により大量の ATP を産生する。

B



第6講 PART1　確認問題

問1　(a)細胞を構成する物質で最も多く含まれているものは，動物細胞も植物細胞も水である。水の次に多い物質は，動物細胞では（　ア　）であり，植物細胞では（　イ　）である。

(1)　下線部(a)について，構成元素がNaやK，Clなどの物質として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　核酸　　②　タンパク質
③　脂質　　④　無機塩類

(2)　文中の（　ア　），（　イ　）に当てはまる語句の組み合わせとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

	（　ア　）	（　イ　）
①	タンパク質	炭水化物
②	タンパク質	脂質
③	炭水化物	タンパク質
④	炭水化物	核酸

問2　細胞は，単純な構造の(a)原核細胞と，内部にさまざまな機能をもった構造が存在する(b)真核細胞に大別される。

細胞内の構造には，二重膜構造で植物細胞だけにみられる（　ア　）や，一重膜構造でタンパク質の分泌に関与する（　イ　），(c)リソソームなどがある。ほかにも，膜をもたない(d)細胞骨格などがある。

(1)　下線部(a)について，原核細胞からなる生物として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　ゾウリムシ　　②　大腸菌
③　クロレラ　　④　ツバキ

⑵　下線部⒝について，真核細胞の DNA は，あるタンパク質とともに存在している。そのタンパク質として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　シャペロン　　②　ヒストン
③　ミオシン　　④　ケラチン

⑶　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　リボソーム　　②　ミトコンドリア
③　核　　④　葉緑体

⑷　文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　ゴルジ体　　②　中心体
③　液胞　　④　小胞体

⑸　下線部⒞について，リソソームは内部に分解酵素を含んでおり，細胞内の不要物を分解している。このように，細胞が自己の細胞質の一部を分解する機能を何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　オートファジー　　②　エキソサイトーシス
③　エンドサイトーシス　　④　サイトカイン

⑹　下線部⒟について，筋収縮やアメーバ運動，動物細胞の細胞質分裂に共通して関与する細胞骨格として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　微小管
②　中間径フィラメント
③　アクチンフィラメント

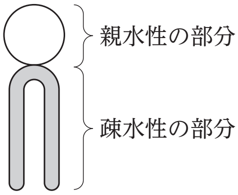
PART2　生体膜

目標
・生体膜の構造を理解する。
・膜を介した小胞輸送の方向性を理解する。

Chapter1　生体膜の成分と構造

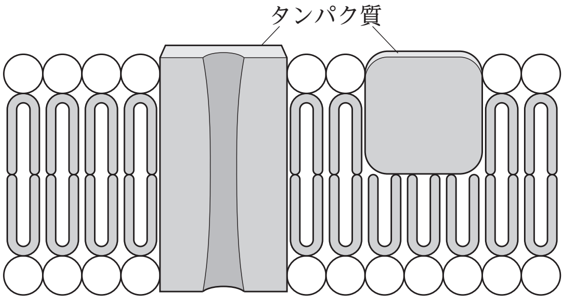
◆ 生体膜の成分

細胞膜や細胞小器官を構成する膜を生体膜といい，（　　　　　　）とタンパク質でできている。リン脂質は水になじみやすい親水性の部分と，水になじみにくい疎水性の部分がある。



◆ 生体膜の構造

リン脂質が互いの疎水性の部分を内側に，親水性の部分を外側に配置して脂質二重層を形成している。



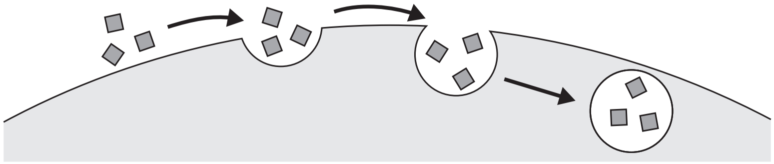
さらに脂質二重層に埋没・貫通するようにタンパク質が点在している。リン脂質やタンパク質は固定されておらず，膜内を横方向に移動できる。このような生体膜の構造様式を（　　　　　　　　）モデルという。膜上のタンパク質によって，生体膜にはさまざまな特性が与えられる。

Chapter2　生体膜と小胞輸送

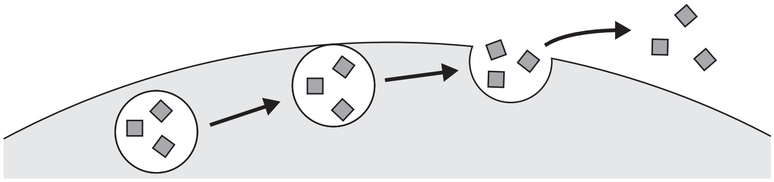
◆ 小胞輸送

生体膜は小胞を介して物質の取り込みや放出を行うことができる。

(　　　　　　　　　　　)：細胞内への取り込み。
生体膜を直接透過できない大きさの物質を内部に取り込む場合は，生体膜が物質を大きく取り囲んで小胞を形成しながら細胞内に取り込む。



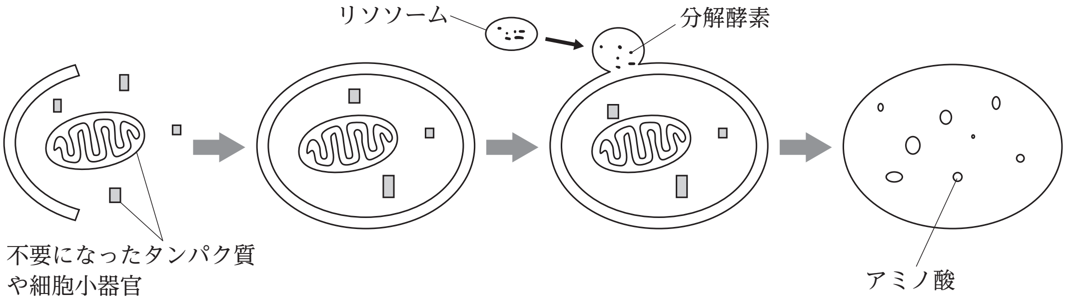
(　　　　　　　　　　　)：細胞外への放出。
小胞に閉じ込められた物質が外部に分泌される場合は，小胞と細胞膜が融合することで細胞外への物質の分泌が起こる。



Chapter3　オートファジー（自食作用）

◆ オートファジー

細胞内で不要になったタンパク質や細胞小器官を分解するしくみを，オートファジー（自食作用）という。分解産物のアミノ酸は，再びタンパク質の合成に利用される。



まとめ

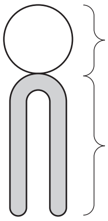
・生体膜では，リン脂質が互いの疎水性の部分を向けあって脂質二重層が形成され，そこにタンパク質が点在している。

・エンドサイトーシスによって物質の取り込みが，エキソサイトーシスによって物質の放出が起こる。

Chapter4　演習問題

問　真核細胞の細胞膜の主成分はリン脂質とタンパク質であり，(a)<u>リン脂質分子からなる二重層</u>に(b)<u>タンパク質が埋め込まれている</u>構造をしている。リン脂質部分は，脂溶性物質の透過性が高いが，親水性物質の透過性は低い。(c)<u>タンパク質などの大きな分子は細胞膜の融合と分離によって輸送される</u>。

(1)　下線部(a)について，下図に示したリン脂質分子を 10 個用いて，二重層の模式図を解答欄に描け。



(2)　下線部(b)について，タンパク質の状態について説明した以下の文章の空欄に入る適切な語句を答えよ。

タンパク質はリン脂質分子の二重層にモザイク状に埋め込まれ，膜内を比較的自由に動くことができる。このような生体膜の構造モデルを ［　　　］ モデルという。

(3)　下線部(c)について，タンパク質を輸送するしくみを説明した次の文章の（　ア　）～（　ウ　）に入る適切な語句を答えよ。なお，同じ記号には同じ語句が入る。

細胞外へ分泌されるタンパク質は，小胞体上の（　ア　）で合成された後，小胞体内に取り込まれる。タンパク質を包んだ小胞体の一部が分離し，ゴルジ体に移動する。ゴルジ体内で処理を受けた後，細胞膜まで運ばれて，細胞外へ分泌される。この作用を（　イ　）という。

一方，細胞内へ取り込まれるタンパク質は，細胞膜が細胞内部に陥入してタンパク質を包み込むことで，細胞内に取り込まれる。この作用を（　ウ　）という。

第６講　PART2　確認問題

問１　細胞膜や細胞小器官を構成する膜を生体膜といい，（　ア　）とタンパク質からできている。（　ア　）は，水になじみやすい親水性の部分と，水になじみにくい疎水性の部分があり，(a)二層に並んで水中で膜を形成している。

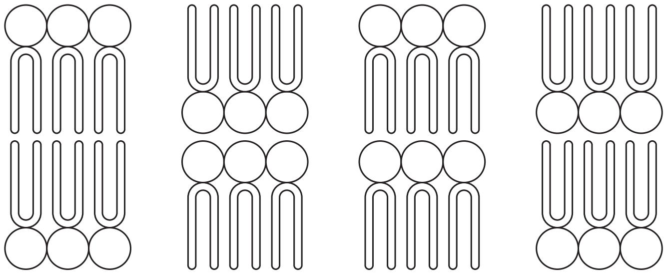
(1)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　リン酸　　②　脂肪酸

③　核酸　　④　リン脂質

(2)　下線部(a)を表す模式図として最も適当なものを，後の①～④のうちから一つ選べ。ただし，○が親水性部分を表すものとする。

①　②　③　④

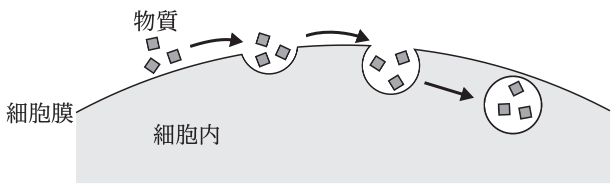


問２　リン脂質が形成する脂質二重層には，埋没または貫通するようにタンパク質が点在している。これらは固定されておらず，膜内を移動できる。このような生体膜の構造様式を何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　原形質流動　　②　流動モザイクモデル

③　フォールディング　　④　スプライシング

問3　生体膜は小胞を介して細胞内外への物質輸送を行っている。次の図が表す細胞内外の物質輸送について，この作用の名称として最も適当なものを，後の①～④のうちから一つ選べ。



①　オートファジー　　②　エンドサイトーシス
③　エキソサイトーシス　　④　スプライシング

問4　細胞内で不要になったタンパク質や細胞小器官は，オートファジー（自食作用）によって分解される。このときに関与する細胞小器官として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　リボソーム　　②　ミトコンドリア
③　リソソーム　　④　中心体

PART3　タンパク質の成り立ち

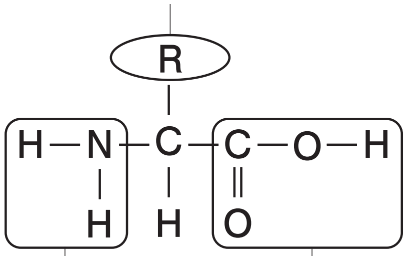
目標
・タンパク質の構造を段階的に説明できる。
・タンパク質がもつ一般的な特性を理解する。

Chapter1　アミノ酸とペプチド

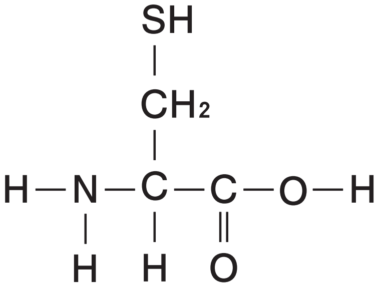
◆ アミノ酸

タンパク質は，多数のアミノ酸が鎖状に連結したポリペプチドが折りたたまれてできている。アミノ酸には窒素を含む（　　　　　　）と炭素を含む（　　　　　　　　）があり，さらに（　　　　）とよばれる構造の違いに応じて（　　　）種類が存在する。

アミノ酸の基本構造

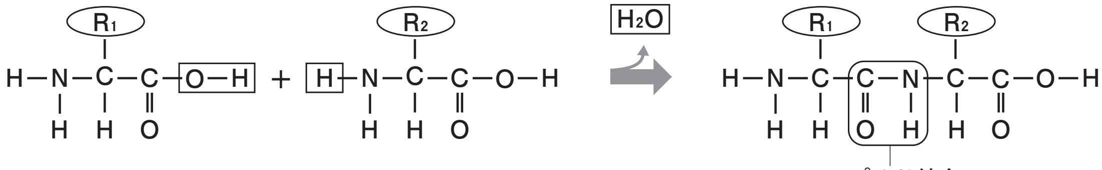


例　システイン



◆ ペプチド結合

2つのアミノ酸について，一方のアミノ酸のアミノ基ともう一方のアミノ酸のカルボキシ基の間で水1分子が取れて結合が生じる。この結合を，（　　　　　　　　）という。ペプチド結合によって多数のアミノ酸が結合した鎖状の物質をポリペプチドという。



Chapter2　タンパク質の立体構造

◆ ポリペプチドの折りたたみ（フォールディング）

ポリペプチドは適切に折りたたまれることで固有の立体構造を形成し，タンパク質としての機能を発揮する。タンパク質の立体構造が形成される際には，次のような構造が見られる。

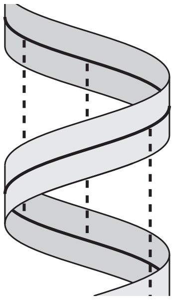
・（　　　　　　　）：ポリペプチドにおけるアミノ酸の配列順序。

・（　　　　　　　）：多くのタンパク質が共通してもつ部分的な立体構造。

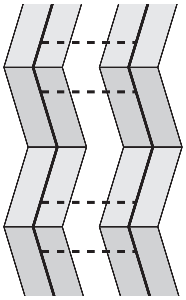
例（　　　　　　　　　）…らせん状の構造

（　　　　　　　）…ジグザグ構造

αヘリックス



βシート



・（　　　　　　　）：二次構造がさらに組み合わさってできる，タンパク質全体としての固有の立体構造。

・（　　　　　　　）：複数の三次構造体（サブユニット）がさらに集合することで形成される構造。

ポリペプチドは，鎖内のアミノ酸間に形成される水素結合や，システインの間で形成される（　　　　　　）によって引き合うことで折りたたまれる。ポリペプチドの折りたたみを補助するタンパク質を，（　　　　　　　）という。

Chapter3　タンパク質の立体構造と機能の関係

◆ タンパク質の立体構造と機能

タンパク質はフォールディングによって固有の立体構造をとり，固有の機能を発揮するようになる。

例 酵素…特定の基質と結合し触媒作用を発揮する。
抗体…特定の抗原と結合して抗原を不活性化する。

立体構造の形成にかかわる水素結合やS-S結合に影響を与えるような外的条件の変化は，タンパク質の立体構造を変化させる。タンパク質の立体構造が変化することを（　　　　）といい，その結果タンパク質の機能が失われることを（　　　　）という。

変性の原因：60℃以上の高温，酸やアルカリ，重金属

まとめ

・タンパク質は，アミノ酸が多数結合したポリペプチドが折りたたまれてできている。
・タンパク質の固有の立体構造によって，固有の機能が生じる。

Chapter4　演習問題

問１　文中の（　ア　），（　イ　）に入る適切な語句を，それぞれの選択肢①～④から選べ。

アミノ酸は，１つの炭素原子に，水素，アミノ基と（　ア　），側鎖が結合したものである。このアミノ酸が複数，（　イ　）したものをタンパク質という。

（　ア　）の選択肢
①　リン酸基　　②　水酸基　　③　メチル基　　④　カルボキシ基

（　イ　）の選択肢
①　水素結合　　②　エステル結合　　③　ペプチド結合
④　グリコシド結合

問２　文(A)～(D)は，タンパク質の構造を説明したものである。これらは①一次構造，②二次構造，③三次構造，④四次構造のどれに相当するか，それぞれ①～④で答えよ。

(A)　二次構造が組み合わさってできる，タンパク質全体としての立体構造のこと。
(B)　αヘリックス構造やβシート構造などに代表される，ペプチド鎖内の局所的な立体構造のこと。
(C)　アミノ酸の配列順序のこと。
(D)　複数のペプチド鎖が集まって１つの機能を営む場合の全体の構造のこと。

第 6 講　PART3　確認問題

問 1　タンパク質は，アミノ酸が鎖状に連結したポリペプチドが折りたたまれてできている。アミノ酸は，炭素原子に(a)<u>アミノ基</u>とカルボキシ基，水素原子，（　ア　）が結合してできている。（　ア　）の構造の違いに応じて，アミノ酸は全部で（　イ　）種類存在する。

(1)　下線部(a)について，アミノ基を表す化学式として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　$-NH_2$　　②　$-NH_3$
③　$-COOH$　　④　$-CHO$

(2)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　糖　　②　塩基
③　側鎖　　④　核酸

(3)　文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　4　　②　16
③　20　　④　24

(4)　2 つのアミノ酸について，一方のカルボキシ基ともう一方のアミノ基から水 1 分子がとれる結合を何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　ペプチド結合　　②　水素結合
③　ギャップ結合　　④　細胞間結合

問2 多数のアミノ酸が結合したポリペプチドは，立体構造を形成することがある。例えば，(a)αヘリックスやβシートのような立体構造は（ ア ）構造という。

(b)ポリペプチドは適切に折りたたまれることで，固有の立体構造を形成し，タンパク質としての機能を発揮する。しかし，温度やpHなどの外的条件の変化により，(c)タンパク質の立体構造が変化し，タンパク質の機能が失われることがある。

(1) 下線部(a)について，この構造に関する結合として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 二重結合　② 水素結合
③ ジスルフィド結合　④ 共有結合

(2) 文中の（ ア ）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 一次　② 二次
③ 三次　④ 四次

(3) 下線部(b)について，ポリペプチドの折りたたみを補助するタンパク質として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① シャペロン　② ヒストン
③ ミオシン　④ ケラチン

(4) 下線部(c)について，このことを何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 変性　② 変異
③ 失活　④ 不等割

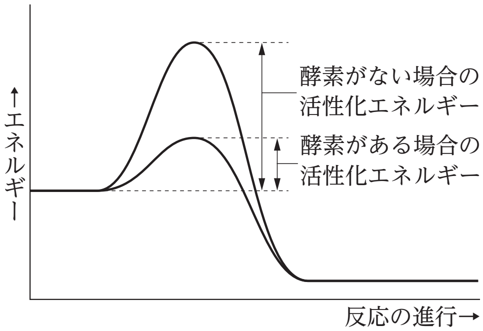
PART4　化学反応にかかわるタンパク質

目標
・酵素のはたらきと特性を理解する。
・酵素反応の調節のしくみを理解する。

Chapter1　酵素のはたらき

◆ 酵素のはたらき

自身は変化しないが特定の化学反応を促進する物質を（　　　　）といい，触媒作用をもったタンパク質を（　　　　）という。酵素は特定の化学反応の（　　　　　　　　）を下げることで反応を促進している。



化学反応が進むために必要となるエネルギーを活性化エネルギーという。

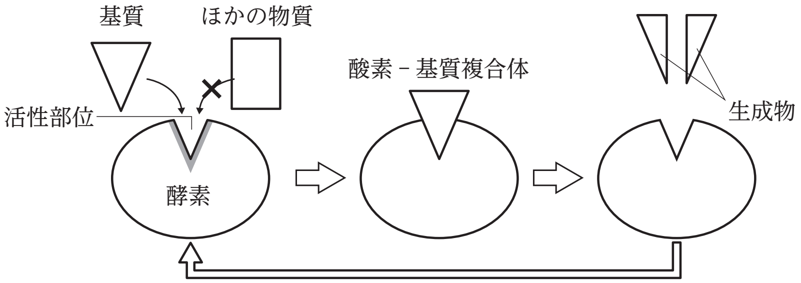
◆ 酵素と基質

酵素によって，生体内のさまざまな反応が調節されている。

例 加水分解酵素…アミラーゼ，ペプシン

酸化・還元酵素…カタラーゼ，脱水素酵素

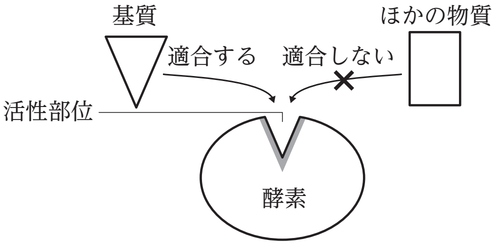
酵素が作用する物質を（　　　　）という。酵素は特定の（　　　　　）で基質と結合し，（　　　　　　）複合体を形成する。その後，基質から生成物が生じる。酵素は再び次の反応に用いられる。



Chapter2　酵素の特性

◆ 基質特異性

酵素の活性部位は非常に複雑な立体構造をしており，その構造に合致する特定の基質しか結合できない。そのため，酵素は特定の基質にのみ反応性を示すことになる。この性質を（　　　　　　　）という。

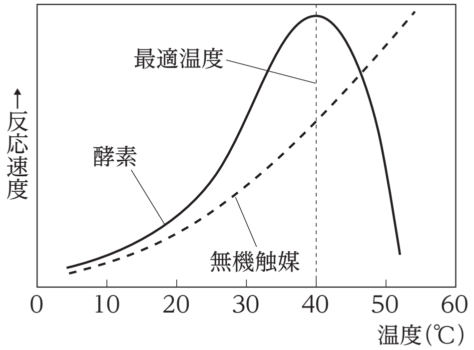


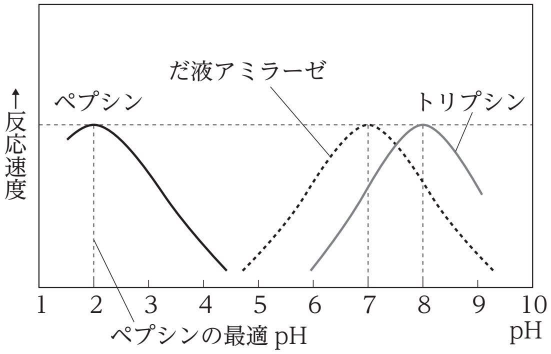
◆ 最適温度

酵素には高い活性を示す最適な温度がある。その温度を（　　　　　　）という。

◆ 最適pH

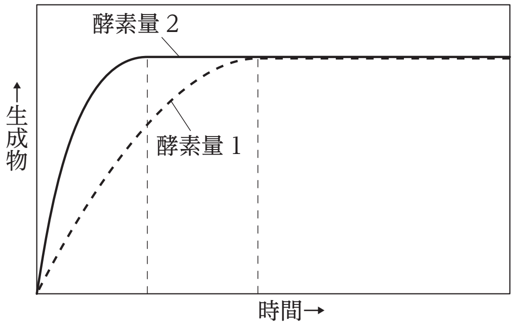
酵素には高い活性を示す最適な pH がある。その pH を（　　　　　　）という。





Chapter3　酵素反応のグラフ

◆ 反応時間と生成物量の関係



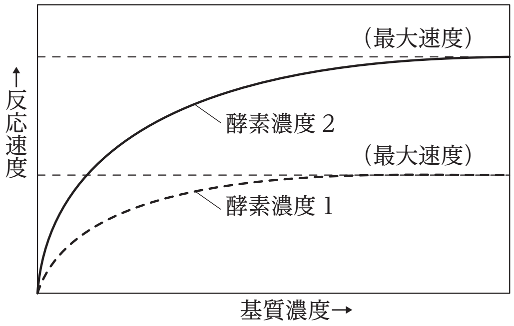
横軸：時間　　縦軸：生成物量

・時間経過に伴って, 生成物量が増加する。

・すべての基質が反応すると，それ以上生成物は増加しなくなる。

・酵素量が多いほど，生成物量ははやく最大になる。

◆ 基質濃度と反応速度の関係



横軸：基質濃度　　縦軸：反応速度

・基質濃度が高くなるほど，反応速度は大きくなる。

・基質濃度が十分に高いと，すべての酵素が酵素 - 基質複合体となるため，反応速度は最大で一定となる。

・酵素濃度が多いほど，反応速度が大きくなる。

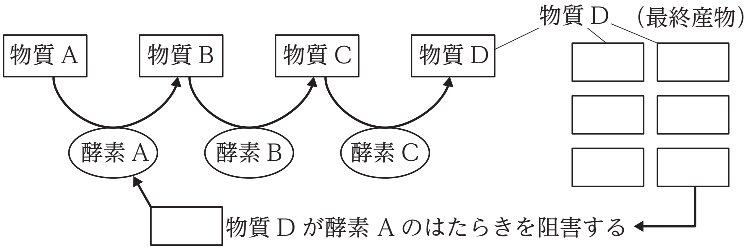
Chapter4　酵素反応の調節

生体内では，さまざまなしくみによって酵素反応が調節されている。

◆ フィードバック調節

一連の化学反応の最終産物によって，反応経路の初期段階にかかわる酵素のはたらきが影響を受ける場合があり，これを（　　　　　　　　　）調節という。

特に最終産物によって反応経路の初期段階の酵素のはたらきが抑制される場合を（　　　　　　　　　）阻害，または負のフィードバック調節といい，最終産物の量を効果的に調節することができる。

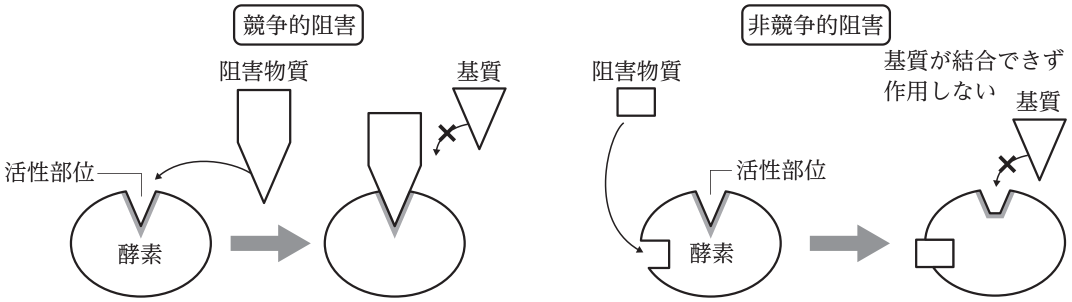


◆ 競争的阻害と非競争的阻害

酵素に結合することで，酵素のはたらきを阻害する物質を阻害物質という。阻害物質の構造が基質の構造と似ていて，酵素の活性部位に結合することで起こる阻害を（　　　　　　　）という。

一方で，阻害物質が酵素の活性部位以外に結合する場合は（　　　　　　　）とよばれる。この場合，酵素の活性部位の立体構造が変化することで反応が阻害される。

このような特性をもった酵素は（　　　　　　　　　　）とよばれる。



まとめ

・生体内では酵素によって化学反応が触媒されることで，生命活動が維持されている。
・酵素の特性には，基質特異性，最適温度，最適 pH などがある。

Chapter5　演習問題

問　化学反応の前後でそれ自体は変化することなく，化学反応を促進する物質を（　ア　）という。生体内において（　ア　）のはたらきをする物質を酵素という。ほとんどの酵素は，タンパク質でできている。

酵素は，特定の物質にのみ作用する。この特定の物質を（　イ　）という。酵素反応の速度は反応温度の上昇とともに増加する。しかし，(a)多くの酵素はある温度以上になると反応速度が低下する。この性質は酵素以外の（　ア　）では認められず，反応温度の上昇とともに反応速度は大きくなる。酵素反応は，反応溶液の pH の影響を受ける。(b)多くの酵素は強い酸性や強いアルカリ性のもとでははたらかなくなる。反応速度が最大のときの pH を最適 pH という。多くの酵素の最適 pH は６～８の値であり，胃ではたらくペプシンの最適 pH は（　ウ　），腸ではたらくトリプシンの最適 pH は（　エ　），口の中ではたらくだ液アミラーゼの最適 pH は 7，すい液に含まれるリパーゼの最適 pH は９である。

⑴　（　ア　），（　イ　）に入る適切な語句を答えよ。

⑵　下線⒜と下線⒝は共通の理由で起こる。この理由を答えよ。

⑶　（　ウ　），（　エ　）に入る数字を以下よりそれぞれ選べ。

①２　　②４　　③６　　④８

第6講　PART4　確認問題

問1　生体内ではたらく触媒を(a)酵素という。酵素は特定の（　ア　）で基質と結合し，(b)酵素 - 基質複合体を形成する。その後，結合した基質は生成物に変化して酵素から離れる。酵素反応が高い活性を示しながら進行するためには，最適な温度や(c)pH が必要である。

(1)　下線部(a)について，酵素がもつ特定の物質にのみ反応性を示す性質を何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　基質特異性　　②　フィードバック調節
③　競争的阻害　　④　非競争的阻害

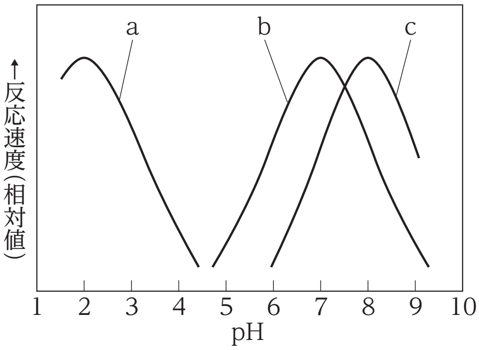
(2)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　受容体　　②　活性部位
③　チャネル　　④　側鎖

(3)　下線部(b)について，基質以外の物質が酵素の（　ア　）以外の部位に結合すると，酵素の立体構造が変化して，酵素 - 基質複合体が形成されないことがある。このような特性をもった酵素を何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

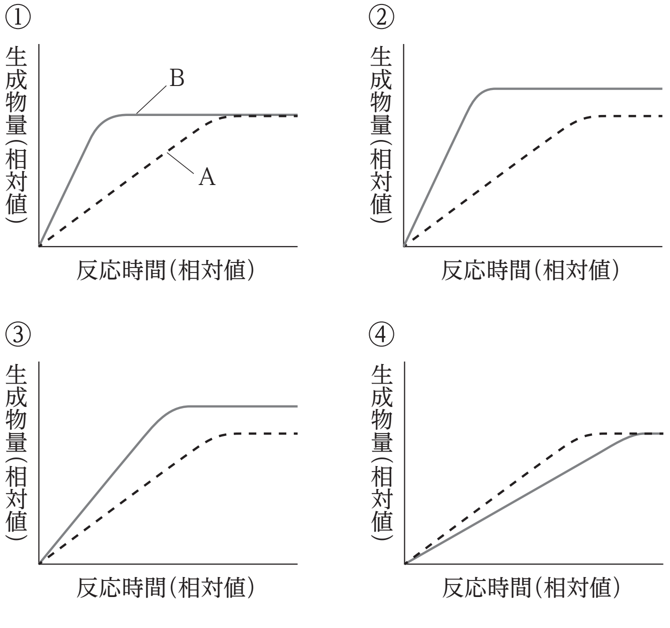
①　加水分解酵素　　②　補酵素
③　アロステリック酵素　　④　脱離酵素

⑷　下線部(c)について，酵素には高い活性を示す最適な pH がある。次の図で，トリプシンの最適 pH を表しているものとして最も適当なものを，後の①～③のうちから一つ選べ。



①　a　　②　b　　③　c

問２　次の図において，グラフ A（点線）の酵素量の 2 倍の酵素量によって反応を進めたときの，反応時間に伴う生成物量の変化を示すグラフ B（実線）として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。ただし基質の量はグラフ A での反応時と同じ量とする。



PART5　物質輸送と情報伝達にかかわるタンパク質

目標
・生体膜を介した物質輸送を理解する。
・情報伝達にかかわるタンパク質を理解する。

Chapter1　生体膜の透過性

◆ 脂質二重膜の透過性

生体膜を透過しやすい物質

・極性がなく小さい分子　例 酸素，二酸化炭素

・脂質となじみやすい疎水性の分子　例 ステロイド系ホルモン

このような物質は，**濃度勾配**に従って高濃度側から低濃度側に移動する。

これを（　　　　）という。

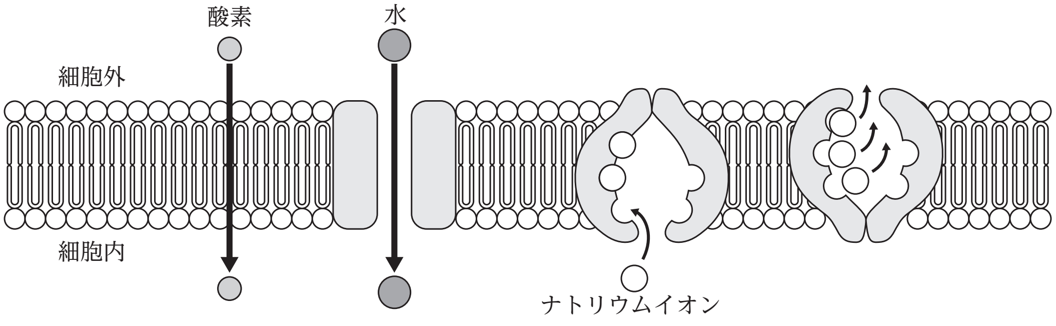
生体膜を透過しにくい物質

・正や負の電荷をもった分子　例 ナトリウムイオン，塩化物イオン

・極性がある分子　例 水，アミノ酸，糖

このような物質は，脂質二重層を貫通して存在し，物質輸送にかかわる

（　　　　　　　　　）によって移動する。



輸送タンパク質の違いに応じて，生体膜がどのような物質をどのように透過させるかは異なる。このような，生体膜が特定の物質を透過させる性質を（　　　　　　　　）という。

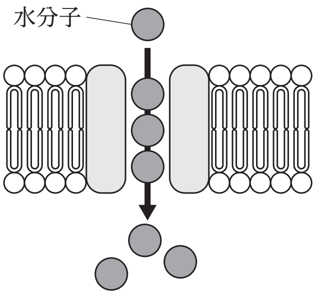
Chapter2　膜輸送にかかわるタンパク質

◆ チャネル

イオンや水などの極性分子が透過する，膜を貫通する筒状のタンパク質を（　　　　　）という。チャネルには，常に開口しているものや，開閉式になっていて通常は閉じているが刺激を受けることでタンパク質の構造が変化し，開口するものなどがある。

例 ナトリウムチャネル：Na^+を透過させるチャネル

（　　　　　　　　）：水を透過させるチャネル

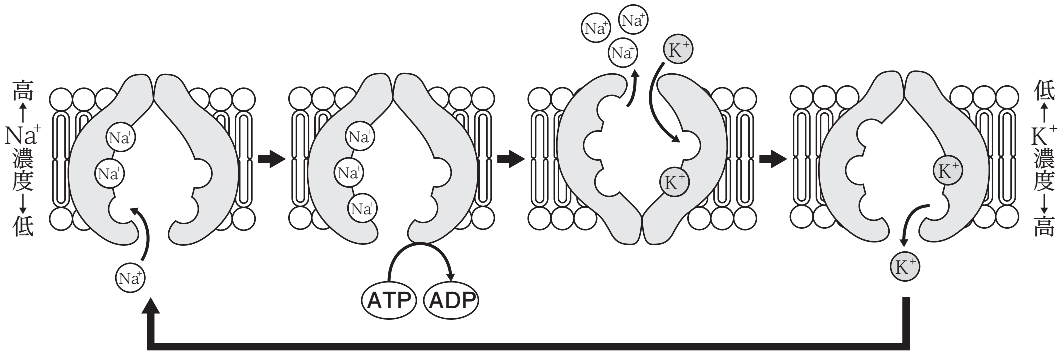


チャネルによる物質輸送は，濃度勾配に従いエネルギーを消費しない。このような物質輸送は，（　　　　　　）とよばれる。

◆ ポンプ

特定の物質を，濃度勾配によらず特定の方向に輸送するタンパク質を（　　　　　）という。ポンプによる物質輸送には ATP などのエネルギーを必要とする。このような物質輸送は，（　　　　　　）とよばれる。

例（　　　　　　　　　　）：ナトリウム - カリウム ATP アーゼ

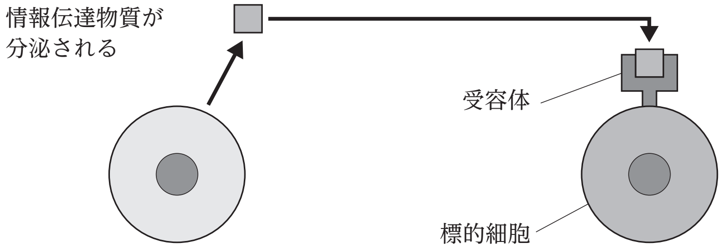


ポンプのような，輸送する物質と結合することで立体構造が変化し，その結果として膜を介した物質輸送を行うタンパク質を（　　　　）という。担体には，ポンプのように能動輸送にかかわるものや受動輸送にかかわるものもある。

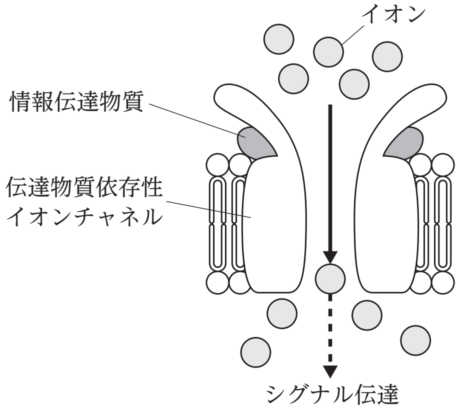
Chapter3　情報伝達にかかわるタンパク質

◆ 細胞間の情報伝達

　ある細胞から放出されたホルモンなどの情報伝達物質が，別の細胞の（　　　　　）（レセプター）に結合することで，細胞間のシグナル伝達が行われる。情報伝達物質を受容する細胞は，（　　　　　）とよばれる。

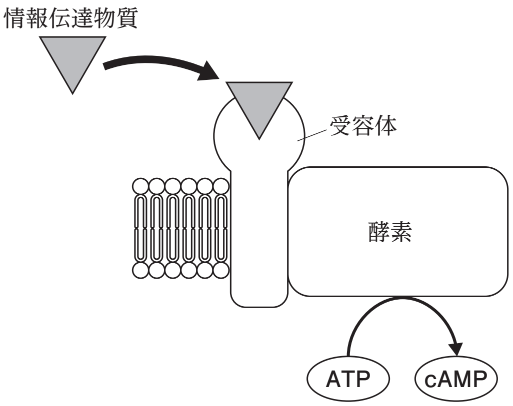


・イオンチャネル型の受容体



情報伝達物質が結合するとチャネルが開く。

・酵素型の受容体



情報伝達物質が結合すると，酵素を活性化させる。

　これら以外の型の受容体も存在し，細胞間でさまざまなシグナル伝達が行われている。

まとめ

・生体膜の選択的透過性には，ポンプやチャネルなどの輸送タンパク質が大きな役割を担っている。

・細胞間の情報伝達物質は，標的細胞がもつ受容体によって受け取られる。

Chapter4　演習問題

問　（　ア　）～（　ケ　）に入る適切な語句を答えよ。ただし，同じ語句を繰り返し使っても構わない。

生体膜を構成するリン脂質二重層を通過できるのは，脂溶性の高い分子のほか，酸素や二酸化炭素などの小さな分子である。イオンなどの水に溶けやすい物質や水分子は，生体膜を貫通して存在する膜タンパク質によって通過している。この膜タンパク質には，エネルギーを使わない（　ア　）や担体，エネルギーを使う（　イ　）などが知られている。

（　ア　）の代表的なものに，イオンを通すものがあるが，この（　ア　）はイオン濃度の（　ウ　）ほうから（　エ　）ほうへと，決まった種類のイオンを選択的に通過させる。担体とよばれるタンパク質は，アミノ酸や糖などの低分子で極性のある物質を運搬するはたらきを担っている。代表的なものに，グルコースを運搬する輸送体があり，グルコースを細胞内に取り入れるはたらきをもつ。

このように（　ア　）や担体で行われる濃度の勾配に従う物質輸送は（　オ　）とよばれるが，（　イ　）のようにエネルギーを用いることで濃度勾配に逆らう輸送を行うものがあり，このような輸送を(　カ　)とよぶ。例えば，動物細胞の内側はカリウムイオンの濃度が（　キ　）く，外側はナトリウムイオンの濃度が（　ク　）い。これらの濃度差は，（　ケ　）により維持されている。

第6講　PART5　確認問題

問１　脂質二重層からなる生体膜には，透過しやすい物質と透過しにくい物質がある。生体膜を透過しやすい物質として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　ナトリウムイオン　　②　水
③　アミノ酸　　④　酸素

問２　生体膜を透過しにくい物質は，脂質二重層を貫通して存在する輸送タンパク質によって移動する。例えば（　ア　）は，イオンや水などの極性分子の通路になっている。このタンパク質による物質輸送は，濃度勾配に従いエネルギーを消費しない受動輸送である。受動輸送とは反対に(a)能動輸送は，濃度勾配に逆らって ATP などのエネルギーを利用する物質輸送である。

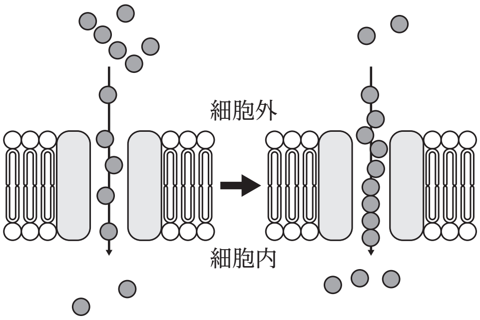
(1)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　チャネル　　②　ポンプ
③　受容体

(2)　下線部(a)について，能動輸送を行うタンパク質として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　チャネル　　②　ポンプ
③　受容体

(3) 次の図が表している輸送タンパク質として最も適当なものを，後の①～③のうちから一つ選べ。ただし，図中の●は輸送対象となる物質を表している。



① ナトリウムポンプ　　② グルコース輸送体
③ アクアポリン

問３ 細胞間のシグナル伝達は，ある細胞から放出された情報伝達物質が,（　ア　）のもつ受容体に結合することで行われる。情報伝達にはさまざまな方法があり，情報伝達物質が受容体に直接結合して生じた cAMP を介した伝達や，情報伝達物質が（　イ　）に結合して活性化され，濃度勾配に従って物質が移動する伝達などがある。

(1) 文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。
① 樹状細胞　　② T 細胞
③ 標的細胞　　④ 食細胞

(2) 文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。
① 担体　　② イオンチャネル
③ ポンプ

第7講　代謝

PART1　代謝とエネルギー

目標
・同化と異化の概要とエネルギーの出入りの関係を理解する。
・ATP の構造とエネルギーのやりとりを把握する。

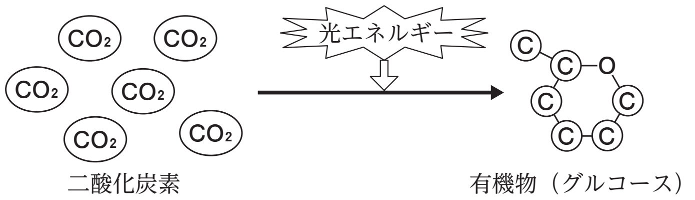
Chapter1　代謝：同化と異化

生体内で起こる化学反応全体を（　　　　）という。代謝には，単純な物質から複雑な物質を合成する（　　　　）と，複雑な物質を単純な物質に分解する（　　　　）に大別される。

◆ 同化：生体内の合成反応

反応の過程で，エネルギーを吸収する。

例 光合成

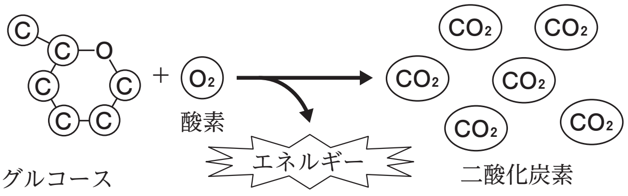


・植物などの生産者は，無機物から自身を構成する複雑な有機物を合成できる。
・動物などの消費者は，外部から取り込んだ単純な有機物から自身を構成する複雑な有機物を合成している。

◆ 異化：生体内の分解反応

反応の過程で，エネルギーを放出する。

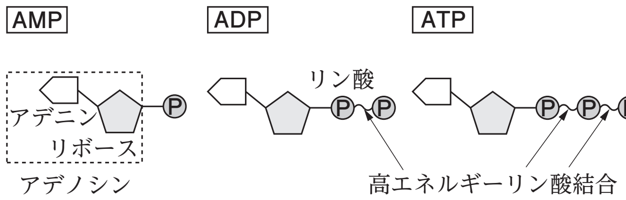
例 呼吸



・異化で生じたエネルギーを利用して（　　　　）が合成される。ATP は，さまざまな生命活動に利用される。

Chapter2　ATP：アデノシン三リン酸

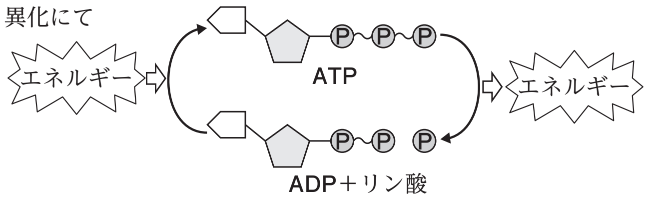
◆ ATPの構造



リン酸どうしの間の結合は高エネルギーリン酸結合とよばれ，多くのエネルギーが蓄えられている。

◆ ATPによるエネルギーの仲介

異化によって生じたエネルギーを利用して，ADP（アデノシン二リン酸）とリン酸が結合して ATP が合成される。また，この結合が切れて ATP が ADP（アデノシン二リン酸）とリン酸に分解される際にエネルギーが放出され，さまざまな生命活動に利用される。



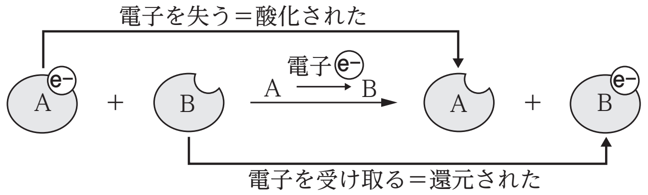
Chapter3　酸化還元反応と補酵素

◆ 酸化還元反応

ある反応で，物質 A から物質 B に電子が移動した場合，次のように表現される。

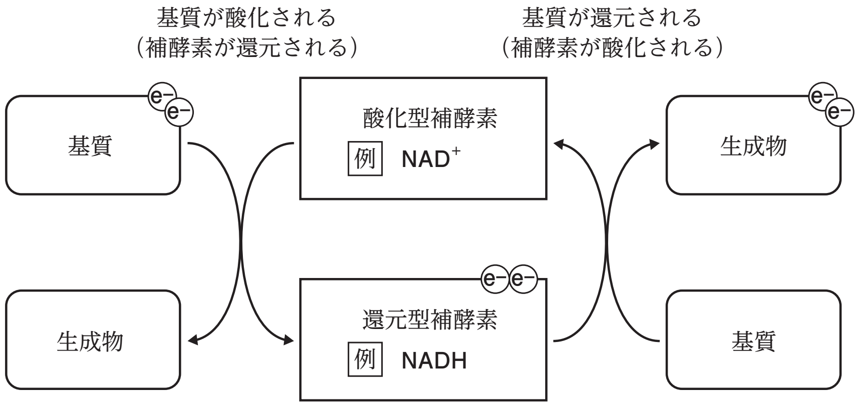
電子を失った物質 A は「酸化された」。

電子を受け取った物質 B は「還元された」。



◆ 補酵素

酵素が触媒としてはたらく際に必要となる，低分子の有機物を**補酵素**という。補酵素のなかには，電子の受け渡しをすることで生体内の酸化還元反応を仲介するものがある。



酸化型補酵素　NAD^+，$NADP^+$，（FAD）

還元型補酵素　NADH，NADPH，（$FADH_2$）

まとめ

・代謝は同化と異化に大別され，それぞれエネルギーの出入りをともなっている。

・代謝にともなうエネルギーの出入りは，ATP によって仲介される。

Chapter4　演習問題

生体内で行われている化学反応の中で，簡単な物質から複雑な物質を合成してエネルギーを蓄えるはたらきを（　ア　）といい，複雑な物質を二酸化炭素や水などに分解してエネルギーを取り出すはたらきを（　イ　）という。（　ア　）の中で代表的な例は（　ウ　）であり，（　イ　）の中で代表的なものは（　エ　）である。（　ア　）と（　イ　）のような生体内での化学反応全体を，（　オ　）とよぶ。（　イ　）によって取り出されたエネルギーは，すべての生物が共通にもつ(a)ATP という物質を介して受け渡される。

問１　文章中の（　ア　）～（　オ　）に入る語句を，次の解答群の①～④からそれぞれ一つずつ選べ。

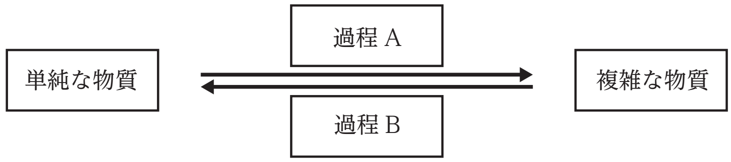
（　ア　）の解答群：①　同化　②　酸化　③　還元　④　異化
（　イ　）の解答群：①　同化　②　酸化　③　還元　④　異化
（　ウ　）の解答群：①　呼吸　②　代謝　③　光合成　④　加水分解
（　エ　）の解答群：①　呼吸　②　代謝　③　光合成　④　加水分解
（　オ　）の解答群：①　呼吸　②　代謝　③　光合成　④　加水分解

問２　下線部(a)について，ATP の構造を下図に模式的に示した。図中の物質(A)と物質(B)の組み合わせとして最も適切なものを，後の①～④から一つ選べ。

	(A)	(B)
①	リボース	アデニン
②	アデニン	デオキシリボース
③	デオキシリボース	アデニン
④	アデニン	リボース

第７講　PART1　確認問題

問１　次の図は，生体内で起こる化学反応を示したものである。この図について，後の問いに答えよ。



(1)　過程 A の名称として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　酸化　　②　同化
③　還元　　④　異化

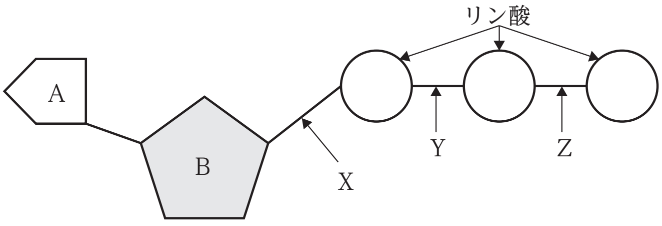
(2)　過程 B の名称として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　酸化　　②　同化
③　還元　　④　異化

(3)　エネルギーを吸収する過程として適当なものを，次の①，②のうちから一つ選べ。

①　過程 A　　②　過程 B

問２　次の図は，代謝にともなうエネルギーの出入りの仲介をしている ATP の構造を表したものである。この図について，後の問いに答えよ。



(1) A の塩基として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① アデニン　② チミン
③ グアニン　④ シトシン

(2) B の糖として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① グルコース　② スクロース
③ セルロース　④ リボース

(3) X ～ Z について，高エネルギーリン酸結合を表している部分はどれか。それを過不足なく含むものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① X，Y　② X，Z
③ Y，Z　④ X，Y，Z

問３ ある反応で，物質 A から物質 B に電子が移動したとき，物質 A は（　ア　）されたという。補酵素のなかには，電子の受け渡しをすることで酸化還元反応を仲介するものがある。例えば，（　イ　）は基質から電子を受け取り還元型補酵素となり，さらに別の基質へ電子を渡して元に戻るはたらきがある。

(1) 文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 酸化　② 還元
③ 脱水　④ 転移

(2) 文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① NADH　② NAD^+
③ $FADH_2$　④ NAD

PART2　異化-発酵

目標
- 発酵と呼吸の共通点と相違点を理解する。
- 乳酸発酵とアルコール発酵の過程を把握する。

Chapter1　異化

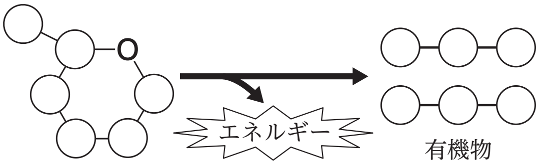
◆ 発酵と呼吸

分解反応である異化には，酸素を必要としない（　　　　　）と，主にミトコンドリアで進み酸素を必要とする（　　　　　）などがある。どちらも，有機物の分解によって生じたエネルギーを利用して，ATP を合成している。

発酵：原核細胞や低酸素環境での真核細胞では，発酵によって ATP が産生されている。

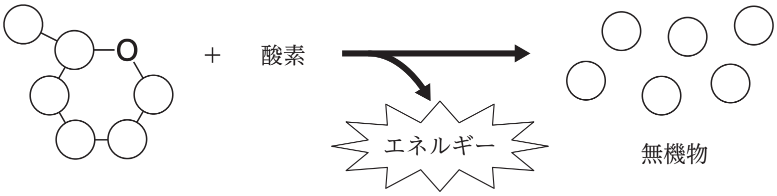
例 乳酸発酵（乳酸菌），アルコール発酵（酵母），解糖（低酸素環境の筋細胞など）

特徴　・サイトゾル（細胞質基質）で進み，酸素が消費されない。
　　　・発酵の結果生じる生成物は，低分子の有機物である。



呼吸：多くの真核細胞では，呼吸によって ATP が産生されている。

特徴　・解糖系，クエン酸回路と電子伝達系の 3 段階に分けられる。
　　　・クエン酸回路と電子伝達系はミトコンドリアで進む。
　　　・呼吸によって，有機物が無機物にまで分解される。

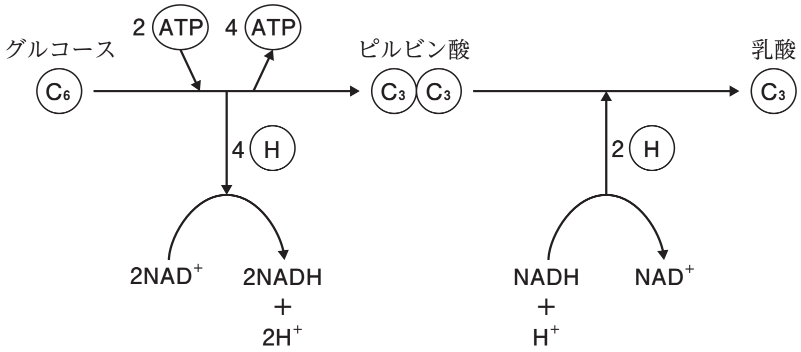


Chapter2　乳酸発酵とアルコール発酵

◆ 乳酸発酵

乳酸菌は，グルコースを乳酸に分解する過程で生じたエネルギーを利用して，ATP を合成している。

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_3H_6O_3 \text{（乳酸）}(+\ 2ATP)$$



・1 分子のグルコースから 2 分子のピルビン酸が生じる過程で，2 分子の ATP が消費され，4 分子の ATP が生成される。

・脱水素酵素によって有機物が酸化される過程で，酸化型補酵素 NAD^+が還元されて，還元型補酵素 NADH が生じる。

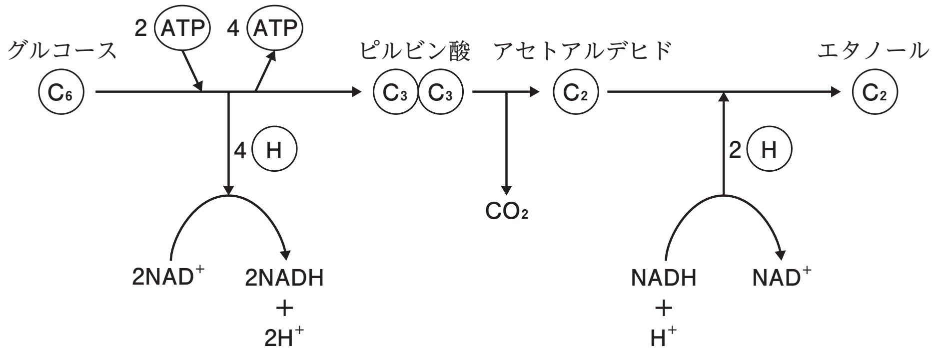
・ピルビン酸が NADH と反応することで乳酸が生じ，補酵素は酸化型の NAD^+に戻る。

※低酸素環境の筋細胞では，乳酸発酵と同じ過程で ATP 合成が起こる。この過程は，（　　　　）とよばれる。

◆ アルコール発酵

酵母は，グルコースをエタノールと二酸化炭素に分解する過程で生じたエネルギーを利用して，ATP を合成している。

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH\text{（エタノール）} + 2CO_2 \quad (+ \quad 2ATP)$$



乳酸発酵との共通点

・グルコースからピルビン酸が生じる過程で，ATP の消費と生成が起こり，補酵素が還元される。

・還元型補酵素 NADH によって，有機物が還元されて最終生成物が生じる。

乳酸発酵との相違点

・乳酸発酵ではピルビン酸が還元されたが，アルコール発酵ではアセトアルデヒドが還元されてエタノールが生じる。

まとめ

・異化には，発酵と呼吸があり，有機物の分解を通じて ATP が合成されている。

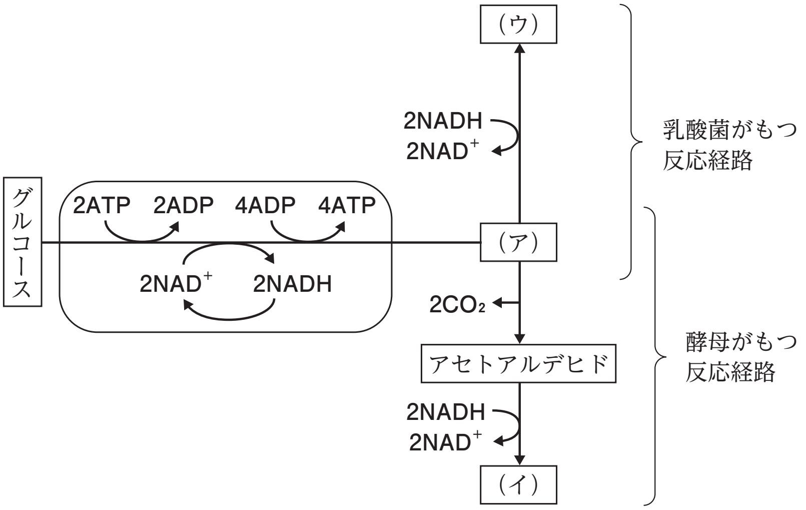
・発酵には，グルコースから乳酸が生じる乳酸発酵と，グルコースからエタノールが生じるアルコール発酵などがある。

Chapter3　演習問題

問　酵母は，酸素の供給が十分でないと，グルコースを（　ア　）に分解する過程で正味2分子のATPを合成し，NAD^+をNADHに変換する。次いで，脱炭酸酵素のはたらきによって（　ア　）から2分子の二酸化炭素が取り除かれてアセトアルデヒドが生じ，アセトアルデヒドはNADHによって速やかに還元され，最終的に（　イ　）が生じる。このとき，NADHはNAD^+にもどり，反応は継続する。

乳酸菌は，酵母と同様にグルコースを（　ア　）まで分解する過程で正味2分子のATPを合成し，生じたNADHが分解産物の（　ア　）を還元し，（　ウ　）が生じる。この反応経路は，激しい運動によって酸素の供給が間に合わなくなった筋肉でグルコースが利用され（　ウ　）が生成する過程，すなわち（　エ　）と同じである。

(1)　文中および図の（　ア　）～（　エ　）に入る適切な語句を下記から1つずつ選べ。



① エタノール	② 酢酸	③ クエン酸	④ ピルビン酸
⑤ 乳酸	⑥ 解糖	⑦ 緊張	⑧ 疲労
⑨ 呼吸			

(2)　文中に示す酵母および乳酸菌がもつ代謝系をそれぞれ何というか，名称を答えよ。

第７講　PART2　確認問題

問１　異化には酸素を必要とする反応のほかに，酸素を必要としない（　ア　）という反応がある。いずれの反応も（　イ　）を合成する。

(1)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　呼吸　　②　光合成
③　発酵　　④　窒素固定

(2)　文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　ATP　　②　タンパク質
③　グルコース　　④　アミノ酸

問２　次の図は，アルコール発酵の過程を模式的に表したものである。この図について，後の問いに答えよ。

(1)　1 分子のグルコースから生じるエタノールの分子数として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　1　　②　2
③　3　　④　4

(2)　ATP が合成される過程として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　過程 A のみ
②　過程 B のみ
③　過程 A と過程 B

(3) 二酸化炭素が合成される過程として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

① 過程 A のみ

② 過程 B のみ

③ 過程 A と過程 B

問３ 次の図は乳酸発酵の過程を模式的に表したものである。この図について，後の問いに答えよ。

(1) 1 分子のグルコースから生じる乳酸の分子数として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 1　② 2

③ 3　④ 4

(2) ATP が合成される過程として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

① 過程 A のみ

② 過程 B のみ

③ 過程 A と過程 B

(3) 筋細胞は低酸素条件下において，乳酸発酵と同じ過程で ATP 合成が起こる。この過程の名称として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 電子伝達系　② 解糖

③ クエン酸回路　④ 光リン酸化

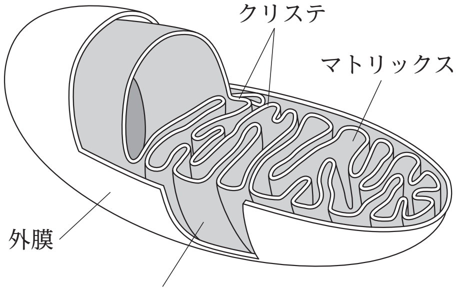
PART3　異化-呼吸

目標
・ミトコンドリアの構造を理解する。
・呼吸の大まかな過程を理解する。

Chapter1　ミトコンドリアと呼吸の概要

◆ ミトコンドリア

真核細胞に存在する細胞小器官であり，大きさは１～数㎛になる。二重膜で包まれており，内膜の内側の空間を（　　　　　　　　　），内膜がさらに内側に折れ込んだひだ状の構造を（　　　　　　　）という。



◆ 呼吸の概要

呼吸は酸素を用いた異化であり，グルコースなどの呼吸基質が無機物にまで分解される過程で効率的に ATP が合成される。

グルコースを基質とした呼吸は，（　　　　　　），（　　　　　　　　　），（　　　　　　　　）の３つの過程に分かれる。

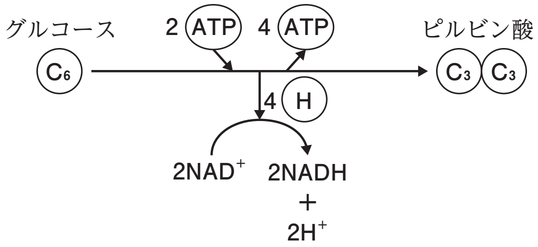
	解糖系	クエン酸回路	電子伝達系
場所	サイトゾル (細胞質基質)	ミトコンドリア マトリックス	ミトコンドリア 内膜
ATP 合成量	正味２分子	２分子	最大 34 分子

全体の反応：$C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 12H_2O$（＋　最大 38ATP）

Chapter2　呼吸の過程：解糖系とクエン酸回路

◆ 解糖系

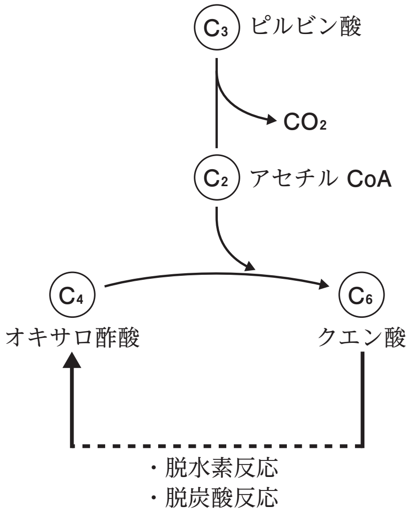
　サイトゾルに存在する酵素によって，グルコースが C_3 化合物の（　　　　　　　　）にまで分解され，その過程で ATP と還元型補酵素が生成される。



　解糖系は乳酸発酵やアルコール発酵にも共通する，基本的な異化の過程である。

◆ クエン酸回路

　ピルビン酸から生じた C_2 化合物の（　　　　　　　　）と C_4 化合物のオキサロ酢酸が結合して，C_6 化合物のクエン酸が生じる。その後，二酸化炭素や ATP，還元型補酵素が生じる反応を経て，再びオキサロ酢酸が生成されるため，反応が回路状になっている。



1 分子のピルビン酸に対して，

3 分子の二酸化炭素，
1 分子の ATP，
4 分子の NADH，
1 分子の $FADH_2$
が生じる。

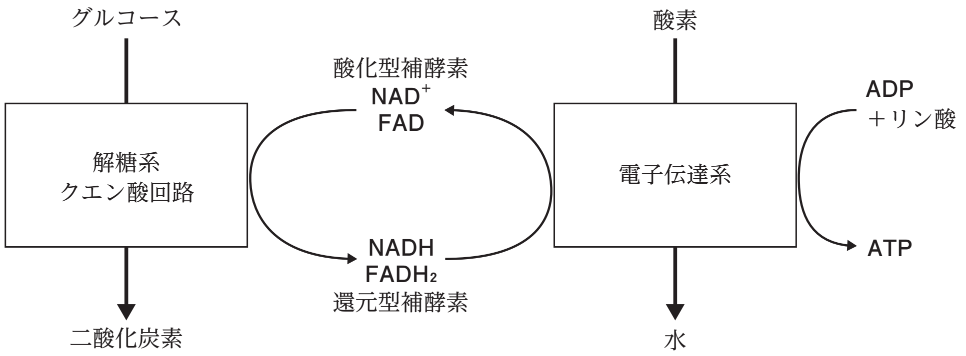
　クエン酸回路では，NAD^+ が還元されて NADH が生じるだけでなく，FAD が還元されて $FADH_2$ も生じる。

Chapter3　呼吸の過程：電子伝達系

◆ 電子伝達系

解糖系とクエン酸回路で生じた還元型補酵素（NADH や $FADH_2$）が，酸素によって酸化されて酸化型補酵素（NAD^+ や FAD）に戻る過程で，多量の ATP が合成される。電子伝達系における ATP 合成は，（　　　　　　　　　　）とよばれる。

1 分子のグルコースに由来する還元型補酵素から，最大で 34 分子の ATP が生じる。



◆ 電子伝達系の詳細

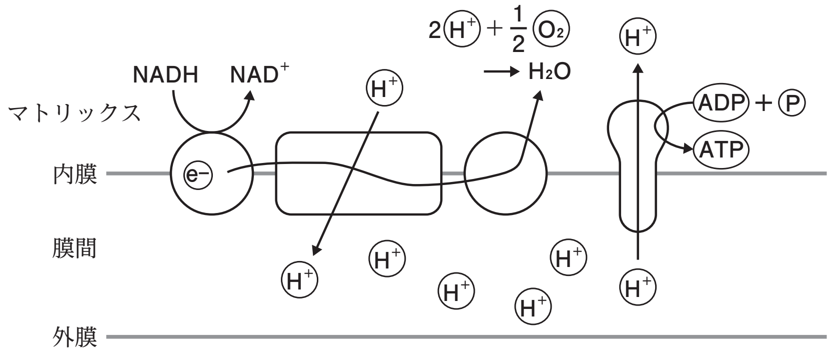
電子伝達系はミトコンドリア内膜に存在するタンパク質複合体であり，次の過程で ATP が合成される。

・還元型補酵素から放出された電子がタンパク質複合体の間を受け渡される。

・その過程で，H^+がマトリックス側から内膜と外膜の間へと能動輸送される。

・H^+が濃度勾配に応じて，（　　　　　　　　　　）を通ってマトリックス側へ戻る際に ATP が合成される。

・電子伝達系を流れた電子は，最終的に H^+と酸素と反応し，水を生じる。



まとめ

・呼吸は，解糖系，クエン酸回路，電子伝達系の３段階で進む。

・呼吸によってグルコースが二酸化炭素や水などの無機物に分解され，その過程で多量の ATP が合成される。

Chapter4　演習問題

問　呼吸とは，細胞内で酸素を用いて有機物を分解し，このときに放出されるエネルギーを利用して生命活動に必要なATPを合成するしくみのことである。たとえば，グルコースは呼吸によって，最終的に二酸化炭素と（　ア　）にまで分解される。呼吸は，多数の化学反応で構成される複雑な過程である。真核生物の呼吸は，(a)解糖系，クエン酸回路，電子伝達系の3つの過程に大きく分けられる。

グルコースが呼吸基質の場合，解糖系でまず1分子のグルコースが2分子のピルビン酸に分解される。ピルビン酸がミトコンドリアのマトリックスに取り込まれてクエン酸回路に入ると，炭素が1つ取り除かれ，残りがアセチル基としてコエンザイムA（CoA）に結合してアセチルCoAとなる。アセチルCoAがクエン酸回路の回路反応に取り込まれると，そのアセチル基が（　イ　）と結合して，クエン酸が合成される。クエン酸は，何段階もの反応を経て（　イ　）へ戻る。これらの反応から生じた水素は，(b)補酵素によってミトコンドリア内膜へ運ばれ，H^+と電子に分かれ，その電子は電子伝達系へと渡される。(c)電子伝達系は，受け取った電子がもつエネルギーを利用してH^+を特定の方向に輸送し，その結果，内膜を挟んだH^+の濃度勾配が形成され，それを利用してATPが合成される。このATP合成反応は，補酵素の酸化で放出されるエネルギーが利用されていることから，特に（　ウ　）とよばれる。

(1)　文中の（　ア　）～（　ウ　）に入る適切な語句を答えよ。

(2)　下線部(a)に関して，二酸化炭素が生成される呼吸の過程あるいはその組み合わせとして正しいものを，次の①～⑥から1つ選べ。

① 解糖系の過程のみ　　② クエン酸回路の過程のみ
③ 電子伝達系の過程のみ　　④ 解糖系とクエン酸回路の過程
⑤ 解糖系と電子伝達系の過程　　⑥ クエン酸回路と電子伝達系の過程

(3)　下線部(b)に関して，解糖系とクエン酸回路で共通して利用される酸化型補酵素は何か。

(4)　下線部(c)に関して，H^+はミトコンドリア内のどこからどこへ輸送されるのか答えよ。

< Note >

第７講　PART3　確認問題

問１　酸素を利用する呼吸は解糖系，（　ア　），電子伝達系の３つの過程に分かれる。このうち，解糖系の反応は（　イ　）で進み，（　ア　）と電子伝達系は(a)ミトコンドリアで進む。

⑴　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　カルビン回路　　②　オルニチン回路
③　クエン酸回路

⑵　文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　サイトゾル　　②　細胞膜
③　リボソーム　　④　核

⑶　下線部 (a) について，ミトコンドリアは二重膜で包まれているが，内膜の内側の空間を何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　チラコイド　　②　グラナ
③　マトリックス　　④　クリステ

問２　解糖系で，グルコースが分解されてできる最終産物の物質名として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　クエン酸　　②　ピルビン酸
③　オキサロ酢酸　　④　コハク酸

問３　クエン酸回路で生じる反応を式で表すと，次のようになる。これについて，後の問いに答えよ。

$C_3H_4O_3 + 3H_2O + 4NAD^+ + FAD \rightarrow$
3（　ア　）＋４（　イ　）$+ 4H^+ + FADH_2$
（＋（　ウ　）ATP）

⑴　文中の（　ア　）に当てはまる分子式として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　CO_2　　②　NADH
③　O_2　　④　N_2

⑵　文中の（　イ　）に当てはまる分子式として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　CO_2　　②　NADH
③　O_2　　④　N_2

⑶　文中の（　ウ　）に当てはまる数字として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　1　　②　2
③　3　　④　4

問４　呼吸の電子伝達系では，NADH や $FADH_2$ が（　ア　）と反応して NAD^+ や FAD にもどる。この過程で生じた H^+の濃度勾配に応じて，H^+が ATP 合成酵素を通ってマトリックス側へもどる際に(a)<u>ATP が合成</u>される。

⑴　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　二酸化炭素　　②　酸素
③　水　　④　窒素

⑵　下線部(a)について，呼吸の電子伝達系における ATP 合成を何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　能動輸送　　②　受動輸送
③　光リン酸化　　④　酸化的リン酸化

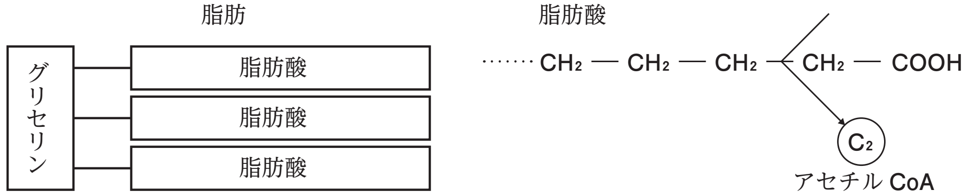
PART4　さまざまな呼吸基質

目標
・脂肪やタンパク質を基質とした呼吸の過程を理解する。
・呼吸商の計算問題に対応できるようになる。

Chapter1　さまざまな呼吸基質

◆ 脂肪

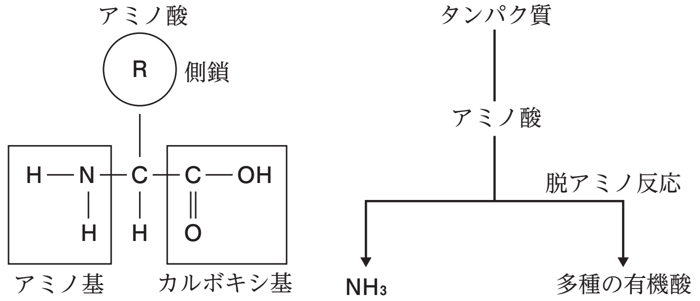
食物に含まれる脂肪は，胆汁によって乳化された後，すい液に含まれる消化酵素リパーゼによって，**グリセリン**と**脂肪酸**に分解されて，体内に吸収される。グリセリンは C_3 化合物として解糖系に入り，ピルビン酸となる。脂肪酸は **β 酸化**とよばれる過程で C_2 化合物となり，アセチル CoA としてクエン酸回路に取り込まれる。



◆ タンパク質

食物に含まれるタンパク質は，胃液の**ペプシン**，すい液の**トリプシン**，小腸の**ペプチダーゼ**によってアミノ酸にまで分解されて，体内に吸収される。

アミノ酸が呼吸基質として用いられるときは，まず**脱アミノ反応**によってアミノ基が分断され（　　　　　　）が生じる。アンモニアは肝臓で尿素に変換され，その後腎臓から排出される。アミノ基が取り除かれた他の部分は炭素数に応じて，クエン酸回路に入り，呼吸基質となる。



Chapter2　呼吸商

呼吸で排出された二酸化炭素の体積を，吸収した酸素の体積で割った値を（　　　　　）という。呼吸商を調べることで，どのような有機物を呼吸基質としていたか判断できる。

$$呼吸商 = \frac{呼吸で排出されたCO_2}{呼吸で吸収されたO_2}$$

呼吸基質	呼吸商
炭水化物（グルコース）	1.0
タンパク質（アミノ酸）	約 0.8
脂肪	約 0.7

・炭水化物（グルコース）の場合

$$C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 12H_2O \qquad 呼吸商\ \frac{6}{6} = 1.0$$

・脂肪（トリパルミチン）

$$2C_{51}H_{98}O_6 + 145O_2 \rightarrow 102CO_2 + 98H_2O \qquad 呼吸商\ \frac{102}{145} \fallingdotseq 0.7$$

・タンパク質（ロイシン）

$$2C_6H_{13}O_2N + 15O_2 \rightarrow 12CO_2 + 10H_2O + 2NH_3 \qquad 呼吸商\ \frac{12}{15} = 0.8$$

◆ さまざまな呼吸商

種子は蓄積してある有機物を基質にして呼吸する。イネの種子は炭水化物を，ダイズはタンパク質を，ゴマは脂質を養分として貯蔵している。

草食動物は炭水化物をエネルギー源としているため呼吸商は大きいが，雑食から肉食となるにつれて，小さくなる。

種子	呼吸商
イネの発芽	1.0
ダイズの発芽	0.8
ゴマの発芽	0.7

動物	呼吸商
ウシ	0.96
ヒト	0.89
ネコ	0.74

まとめ

・脂肪はグリセリンと脂肪酸として，アミノ酸は脱アミノ反応を経て代謝される。

・呼吸商の値から，呼吸に用いた有機物を判断することができる。

Chapter3　演習問題

問　グルコースの分解によってATPが合成される。まず解糖系により，１分子のグルコースは２分子の（　ア　）に分解され，ミトコンドリアに運ばれて，クエン酸回路に入る。この回路において，大量の還元型補酵素である（　イ　）や（　ウ　）がつくられ，これらは（　エ　）系において，ATP合成に使われる。

脂肪は，（　オ　）と（　カ　）に分解される。タンパク質は有機酸とアンモニアに分解され，アンモニアは肝臓において無害な（　キ　）になり，腎臓から体外へ排出される。

炭水化物・タンパク質・脂肪のような，呼吸によって分解される物質を呼吸基質といい，呼吸基質の割合を知るときには，呼吸商が目安となる。

⑴　文中の（　ア　）～（　キ　）に入る適切な語句を答えよ。

⑵　呼吸に利用される有機物が炭水化物，脂肪である場合の反応式を以下に示す。反応式内の㈠～㈤に入る適切な数値を答えよ。

炭水化物　$C_6H_{12}O_6$ ＋ (あ) H_2O ＋ (い) O_2 ⟶ (う) CO_2 ＋ $12H_2O$

脂肪　$2C_{57}H_{110}O_6$ ＋ (え) O_2 ⟶ (お) CO_2 ＋ $110H_2O$

< Note >

第７講　PART4　確認問題

問１　炭水化物以外にも脂肪やタンパク質も呼吸基質となる。

脂肪が呼吸基質となる場合，消化酵素である（　ア　）によって，（　イ　）と脂肪酸に分解される。脂肪酸は(a)ある過程を経て，アセチル CoA として（　ウ　）に取り込まれる。

タンパク質が消化吸収される場合，さまざまな臓器から分泌される(b)消化酵素によって，アミノ酸にまで分解される。

(1)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　アミラーゼ　　②　ラクターゼ
③　ペプシン　　④　リパーゼ

(2)　文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　グルコース　　②　スクロース
③　グリセリン　　④　ブドウ糖

(3)　下線部(a)について，この過程の名称として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　脱アミノ反応　　②　光リン酸化
③　β 酸化　　④　窒素同化

(4)　文中の（　ウ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　解糖系　　②　クエン酸回路
③　電子伝達系　　④　カルビン回路

(5)　下線部(b)について，タンパク質を分解する消化酵素として適当でないものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　ペプシン　　②　トリプシン
③　マルターゼ　　④　ペプチダーゼ

(6)　アミノ酸が呼吸基質として用いられるとき，アミノ基が分断されてアンモニアを生じるが，この過程を何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　脱アミノ反応　　②　光リン酸化
③　β酸化　　④　窒素同化

問２　呼吸商は，呼吸基質によって一定の値になる。これについて，次の問いに答えよ。

(1)　タンパク質の呼吸商の数値として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　0.7　　②　0.8
③　0.9　　④　1.0

(2)　次の反応式で表される呼吸商の数値の計算の仕方として最も適当なものを，後の①～④のうちから一つ選べ。

$$2C_{57}H_{110}O_6 + 163O_2 \rightarrow 114CO_2 + 110H_2O$$

①　114 ÷ 163　　②　163 ÷ 114
③　110 ÷ 163　　④　163 ÷ 110

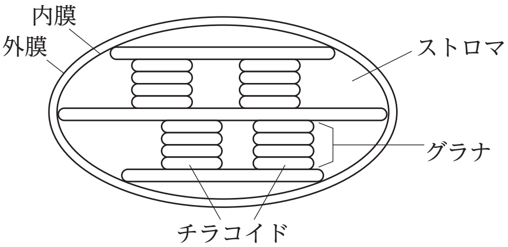
PART5　光合成と光合成色素

目標
・葉緑体の構造と，光合成の大まかな過程を理解する。
・代表的な光合成色素を把握する。

Chapter1　葉緑体と光合成の概要

◆ 葉緑体

植物細胞に存在する細胞小器官であり，大きさは5～10μmになる。二重膜で包まれ，内部に扁平な小胞の（　　　　　　）が重なって存在する。チラコイド以外の部分は（　　　　　　）という。



◆ 光合成の概要

光合成は，光エネルギーを用いて二酸化炭素からグルコースなどの炭水化物を合成する同化である。

光エネルギー

↓

$$6CO_2 + 12H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 6O_2$$

光合成は葉緑体で進行し，チラコイドで起こる反応とストロマで起こる反応の2段階に大別することができる。

・チラコイド

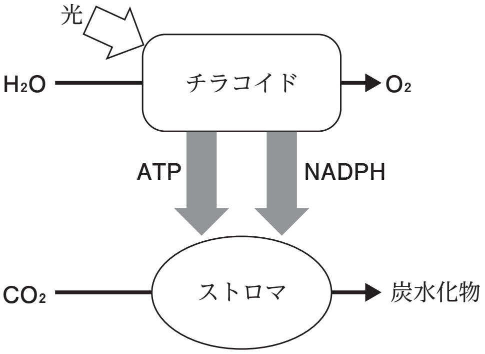
光合成色素による光の受容

光エネルギーから化学エネルギーへの変換

・ストロマ

二酸化炭素から炭水化物の合成

（　　　　　　）回路



Chapter2　光の受容

◆ 光合成色素

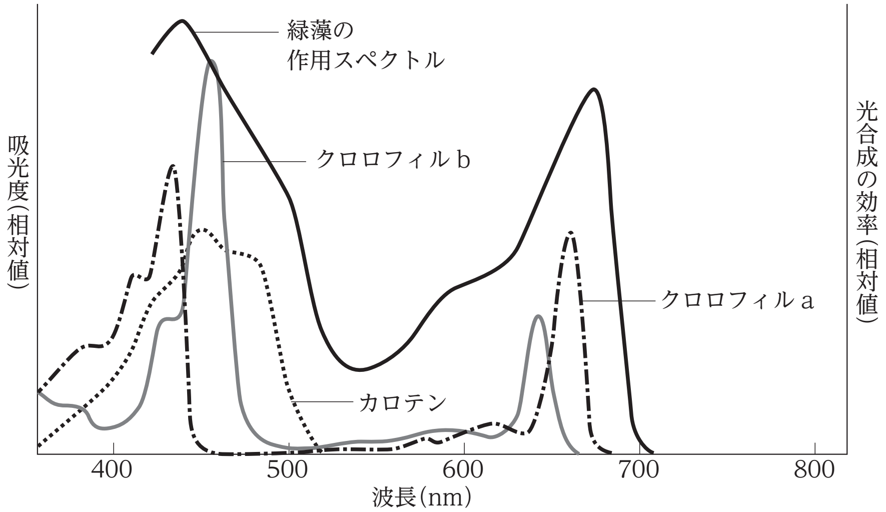
チラコイドの膜には，光エネルギーを受容する（　　　　　　）が存在し，ここで吸収された光エネルギーが光合成に利用される。

植物がもつ光合成色素には，緑色の（　　　　　　）や黄色・橙色のカロテノイドなどがある。

・クロロフィル：主に赤色光と青色光を吸収する。
　　　　　　例 クロロフィルａ，クロロフィルｂ
・カロテノイド：例 カロテン（橙），キサントフィル（黄）

◆ 吸収スペクトルと作用スペクトル

・各色素が吸収する波長を表したグラフを，（　　　　　　）という。クロロフィルは青色と赤色の光を吸収し，緑色の光を反射，透過するため緑色に見える。
・各波長の光でどの程度光合成が進むかを表したグラフを，（　　　　　　）という。吸収スペクトルの総和が作用スペクトルの概形と対応している。



まとめ

・光合成は，葉緑体のチラコイドとストロマにおいて段階的に進む。
・光合成には，光合成色素で受容された光エネルギーが利用される。

Chapter3　演習問題

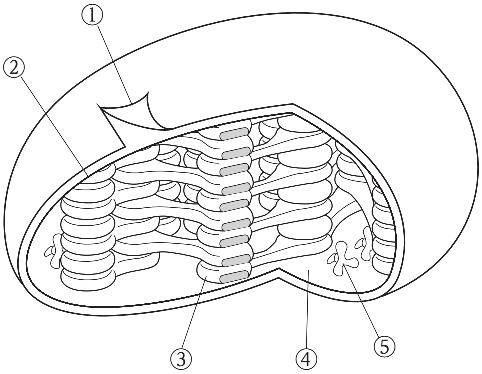
問 1　光合成は，次の 3 つの過程に分けられる。

[1] 光合成色素が光エネルギーを取り入れる。

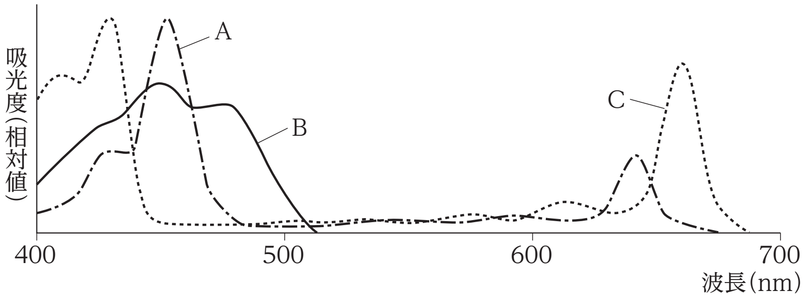
[2] そのエネルギーを利用して，ATP を合成する。

[3] ATP を利用して，CO_2 から炭水化物をつくる。

図は葉緑体の構造を表した模式図である。過程[1]～[3]が行われる場所はそれぞれどこか。図中の①～⑤の中から一つずつ選べ。



問 2　グラフは，植物の 3 種の光合成色素の吸収スペクトルを示している。A，B，C の各色素名について，下の 3 つの光合成色素から，それぞれ対応するものを 1 つずつ選べ。



クロロフィル a　　クロロフィル b　　カロテン

＜ Note ＞

第7講　PART5　確認問題

問１　光合成は，光エネルギーを利用して二酸化炭素から有機物を合成する（　ア　）の反応である。真核生物の光合成は葉緑体で行われる。葉緑体は二重膜で包まれており，内部には扁平な袋状の構造である（　イ　）が重なって存在する。（　イ　）以外の部分は（　ウ　）という。

(1)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　酸化　　②　同化
③　還元　　④　異化

(2)　文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　マトリックス　　②　ストロマ
③　チラコイド　　④　クリステ

(3)　文中の（　ウ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　マトリックス　　②　ストロマ
③　チラコイド　　④　クリステ

(4)　葉緑体内において，光エネルギーを受容する光合成色素が含まれている構造として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　マトリックス　　②　ストロマ
③　チラコイド　　④　クリステ

⑸　次の①～④のうち，光合成色素とその色の組み合わせとして最も適当なものを一つ選べ。

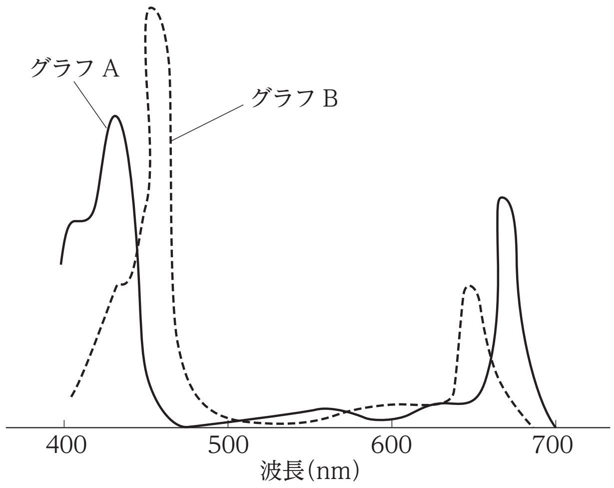
①　クロロフィル b －赤色

②　カロテン－青色

③　キサントフィル－緑色

④　クロロフィル a －緑色

問 2　光合成色素の各色素が吸収する波長を表したグラフを吸収スペクトルといい，次の図はその例を示している。この図について，後の問いに答えよ。



⑴　グラフ A が示す光合成色素として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　カロテン　　②　キサントフィル

③　クロロフィル a

⑵　グラフ B が示すピークのうち，波長が短い方の色として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　青色　　②　赤色

③　黄色　　④　緑色

PART6　光合成のしくみ

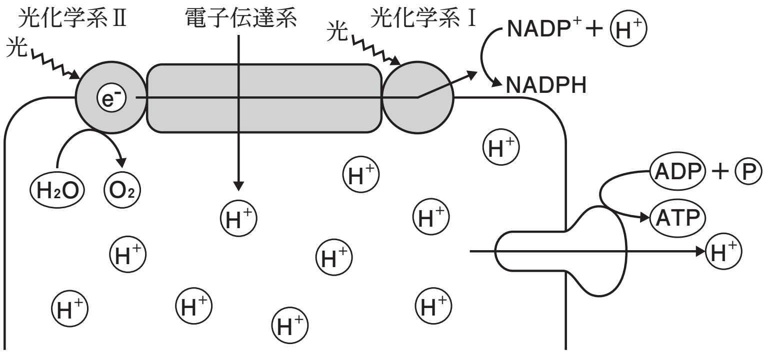
目標
・葉緑体で起こる光合成の過程を理解する。
・チラコイドの反応とストロマの反応の関係を理解する。

Chapter1　光合成の過程：チラコイドで起こる反応

光合成は，チラコイドとストロマにおいて段階的に進む。

チラコイド膜には，光合成色素とタンパク質でできた光化学系とよばれる複合体があり，光化学系を起点として次の①～④の反応が起こる。

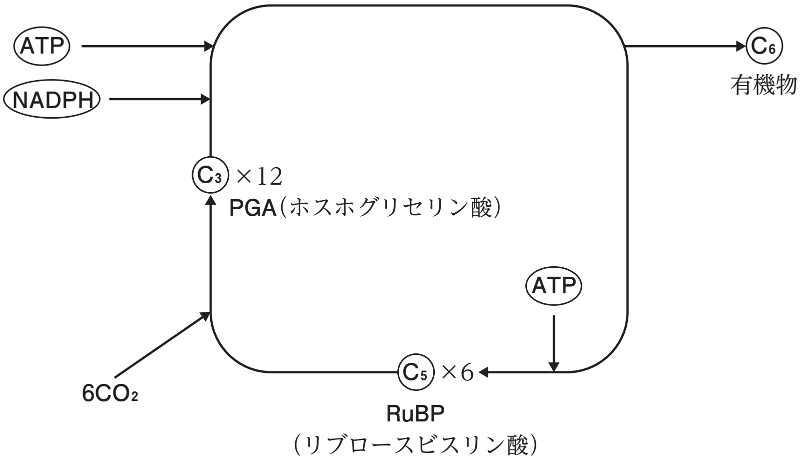
① ２つの光化学系の光合成色素で光エネルギーが受容され，電子の流れが生じる。
② （　　　　　　　　）において，水が酸素と H^+，および電子に分解され，生じた電子はチラコイド膜にある（　　　　　　　　）に伝わる。
③ 電子伝達系に電子が受け渡されていく過程で H^+ がチラコイド内に能動輸送され，濃度勾配が形成される。濃度勾配に応じて，H^+ が ATP 合成酵素を通ってストロマに戻る際に ATP が合成される。葉緑体における ATP 合成は，（　　　　　　　　）とよばれ，電子は（　　　　　　　　）に伝わる。
④ 光化学系Ⅰにおいて補酵素が還元され，還元型補酵素（NADPH）が生じる。



チラコイドでの反応は，光エネルギーが ATP と NADPH という２種類の化学エネルギーに変換される過程と考えることができる。

Chapter2 光合成の過程：ストロマで起こる反応

ストロマには多くの酵素が存在し, チラコイドで生成したATPとNADPHを利用して, カルビン回路によって二酸化炭素からグルコースなどの炭水化物が合成される。



カルビン回路では，1分子の二酸化炭素は1分子のC_5化合物リブロースビスリン酸（RuBP）と結合し，2分子のC_3化合物ホスホグリセリン酸（PGA）が生じる。この反応は（　　　　　　）とよばれる酵素によって触媒される。

まとめ

- チラコイドでは，光エネルギーがATPとNADPHの化学エネルギーに変換される。
- ストロマでは，ATPとNADPHの化学エネルギーを利用して二酸化炭素から有機物が合成される。

Chapter3　演習問題

問　葉緑体には光化学系Ⅰと光化学系Ⅱとよばれる反応系が存在する。光エネルギーは光化学系の（　ア　）で受容され，電子の放出を促す。光化学系Ⅱにおいて，電子が放出された（　ア　）に電子を与えるのは（　イ　）であり，（　イ　）は電子が引き抜かれて（　ウ　）を生じる。（　ウ　）は気孔から放出される。光化学系Ⅱから放出された電子は，電子伝達系のタンパク質を経て光化学系Ⅰに引き渡され，最終的にその還元力はNADPHという補酵素として蓄積される。光化学系Ⅱから光化学系Ⅰへの電子の流れの過程では，膜を隔てたH^+（水素イオン）の運搬が行われ，H^+の濃度勾配を形成する。そして，この濃度勾配のエネルギーを解消しようとする力をつかって，（　エ　）のはたらきによりATPがつくられる。

チラコイドでの反応で生じたNADPHとATPは，<u>二酸化炭素を固定する同化反応</u>にエネルギーを供給する。二酸化炭素1分子は（　オ　）という酵素のはたらきによって1分子のリブロースビスリン酸と反応し，2分子のホスホグリセリン酸ができる。続いてホスホグリセリン酸がグリセルアルデヒドリン酸に変換される。生じたグリセルアルデヒドリン酸のうち，一部はグルコースなどの有機物の合成に使われ，また一部はリブロースビスリン酸の再生産に使われる。再生産されたリブロースビスリン酸は再び二酸化炭素を取り込む反応に使われる。このように二酸化炭素を固定する反応経路は循環しており，発見者の名前をとって（　カ　）とよばれる。

⑴　文中の空所（　ア　）～（　カ　）それぞれに入る適切な語句または分子式を答えよ。

⑵　下線部の反応が行われる葉緑体の場所の名称を答えよ。

⑶　次のⅰ，ⅱの分子を構成する炭素原子の数をそれぞれ答えよ。

ⅰ．リブロースビスリン酸　　ⅱ．ホスホグリセリン酸

< Note >

第７講　PART6　確認問題

問１　光合成は，チラコイドとストロマにおいて段階的に進む。チラコイド膜で起こる反応について述べた次の文章（A～D）を読み，後の問いに答えよ。

A　電子伝達系に電子が受け渡されていく過程で，H^+ が（　ア　）内に輸送される。
B　光エネルギーが光合成色素で受容される。
C　濃度勾配に応じて，H^+ が ATP 合成酵素を通ってストロマにもどる際に ATP が合成される。
D　水が酸素と H^+ と電子に分解され，その電子は電子伝達系に伝わる。

(1)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　ストロマ　　②　チラコイド
③　グラナ　　④　マトリックス

(2)　文章Ｃの反応の名称として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　光化学系Ⅰ　　②　光化学系Ⅱ
③　光リン酸化　　④　酸化的リン酸化

(3)　文章Ｄの反応の名称として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　光化学系Ⅰ　　②　光化学系Ⅱ
③　光リン酸化　　④　酸化的リン酸化

⑷　文章Ａ～Ｄを，チラコイド膜で起こる反応の順に並べたものとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　B→A→C→D　　②　B→D→A→C
③　B→C→D→A　　④　B→A→D→C

問２　ストロマでは，気孔から取り込まれた二酸化炭素が，炭素数（　ア　）のリブロースビスリン酸と結合して炭素数（　イ　）のホスホグリセリン酸になる。続いて，ホスホグリセリン酸はチラコイド膜でつくられたATPやNADPHの（　ウ　）エネルギーを利用して，炭素数６のグルコースなどの有機物になる。

⑴　文中の（　ア　）に当てはまる数値として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　2　　②　3
③　4　　④　5

⑵　文中の（　イ　）に当てはまる数値として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　2　　②　3
③　4　　④　5

⑶　文中の（　ウ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　光　　②　熱
③　化学　　④　運動

PART7　さまざまな炭酸同化

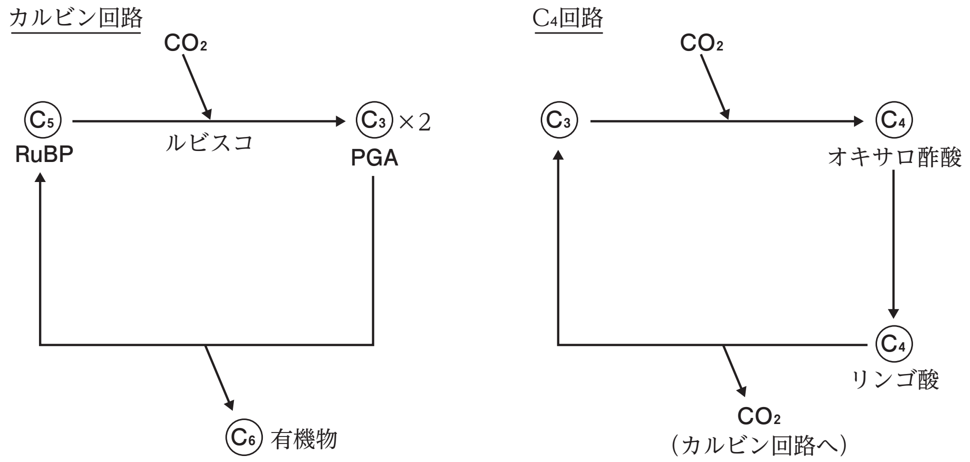
目標
・C_4 植物や CAM 植物の光合成の特性を把握する。
・細菌の炭酸同化を把握する。

Chapter1　C_4植物やCAM植物の光合成

◆ カルビン回路とC_4回路

一般的な植物は，カルビン回路では二酸化炭素を取り込んで，C_3 化合物の PGA（ホスホグリセリン酸）を合成している。このような植物は，（　　　　　　）とよばれるが，カルビン回路の二酸化炭素の取り込みにかかわる酵素であるルビスコは二酸化炭素が低濃度の環境でははたらきにくい。

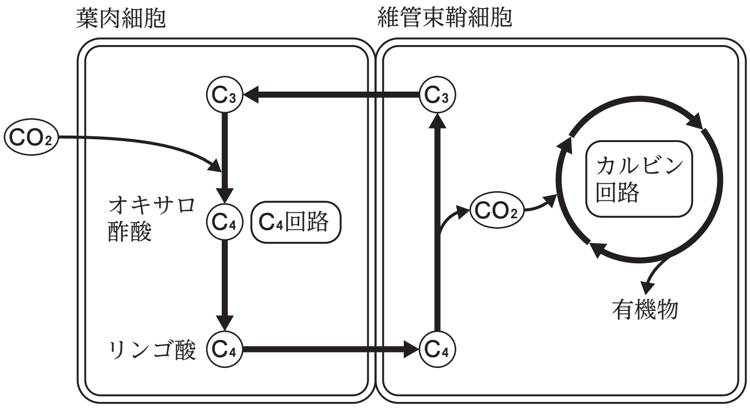
一部の植物は，カルビン回路よりも先に炭酸固定に特化した回路（C_4 **回路**）によって効率よく二酸化炭素を取り込んでいる。



◆ C_4植物とCAM植物

（　　　　　　）：熱帯などの強光，高温で乾燥した環境での生育に適している。

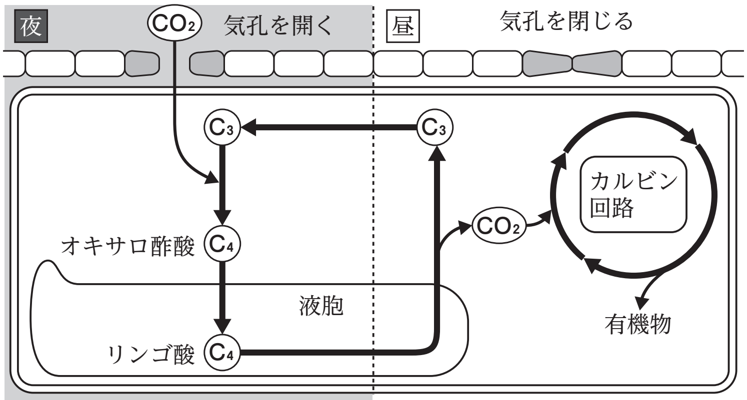
例 トウモロコシ，サトウキビ



（　　　　　　）：夜に気孔を開いて二酸化炭素を取り込み，リンゴ酸として液胞に貯蔵する。

昼に気孔を開かずに光合成できるため，砂漠などの乾燥地での生育に適している。

例 ベンケイソウ，サボテン



	C_4 回路	カルビン回路
C_4 植物	葉肉細胞で進行	維管束鞘細胞で進行
CAM 植物	夜に進行 (気孔を開いて)	昼に進行 (気孔を閉じて)

Chapter2　細菌の炭酸同化

◆ 光合成細菌

一部の細菌は，原始的な光合成によって炭酸同化を行っている。このような細菌は（　　　　　　　）とよばれ，光合成色素として（　　　　　　　　　　　　　）を利用している。また，水の代わりに硫化水素を利用して光合成を行うため，酸素ではなく硫黄を生じる。

$$6CO_2 + 12H_2S \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 12S$$

例 紅色硫黄細菌，緑色硫黄細菌

◆ 化学合成細菌

一部の細菌は，（　　　　　　）によって炭酸同化を行っており，このような細菌は（　　　　　　　　）とよばれる。化学合成では，無機物の酸化によって生じる化学エネルギーを用いて，二酸化炭素から有機物を合成している。

無機物 ＋ 酸素 → 酸化物

↓ 化学エネルギー

$6CO_2 \dashrightarrow C_6H_{12}O_6$

例 亜硝酸菌，硝酸菌，硫黄細菌

まとめ

・C_4 回路で取り込まれた二酸化炭素を利用してカルビン回路で有機物が合成される。
・一部の細菌は，光合成や化学合成で有機物の合成を行う。

Chapter3　演習問題

細菌類の多くは動物と同様に従属栄養生物であるが，紅色硫黄細菌などの光合成細菌は光合成色素として（　ア　）をもち，光合成を行う。光合成細菌，緑色植物ともに，（　イ　）回路によって二酸化炭素を固定するが，(a)エネルギー獲得の点ではそれぞれが利用する電子供与体に違いがある。

細菌のなかには，(b)無機物の酸化反応で放出されたエネルギーを用いてATPを合成し，炭酸同化を行っているものもある。このような反応を（　ウ　）という。

問1　文中の（　ア　）～（　ウ　）に入る適切な語句をそれぞれ答えよ。

問2　下線部(a)に関して，次の(1)，(2)に答えよ。

(1)　1分子のグルコースを生産するには，何分子の二酸化炭素が必要か。その分子数を答えよ。

(2)　紅色硫黄細菌は水の代わりに何を用いて光合成を進めているのか，その名称を答えよ。

問3　下線部(b)の生物として適切なものを，次から**すべて**選べ。

①　硫黄細菌　　②　大腸菌　　③　硝酸菌　　④　乳酸菌
⑤　緑色硫黄細菌

第7講　PART7　確認問題

問1　C_4 植物の光合成において，気孔から取り入れた二酸化炭素は，葉肉細胞の葉緑体内において C_3 化合物と結合して（　ア　）を経由しリンゴ酸となる。リンゴ酸は（　イ　）に移動した後，二酸化炭素を遊離し，この二酸化炭素がカルビン回路に入る。

(1)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　クエン酸　　②　フマル酸
③　オキサロ酢酸　　④　ホスホグリセリン酸

(2)　文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　孔辺細胞　　②　維管束鞘細胞
③　海綿状組織　　④　形成層

(3)　C_4 植物が生息に適している環境条件として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　低温・多湿　　②　低温・乾燥
③　高温・多湿　　④　高温・乾燥

問2　(a)CAM 植物では，夜間に気孔を開いて取り入れた二酸化炭素は，リンゴ酸となり（　ア　）に貯蔵される。そして，昼間に再び二酸化炭素に戻されてカルビン回路に入り，有機物合成に利用される。

(1)　下線部(a)について，次の①～④のうち CAM 植物として最も適当なものを一つ選べ。

①　サトウキビ　　②　イネ
③　トウモロコシ　　④　サボテン

⑵　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　ゴルジ体　　②　液胞
③　リソソーム　　④　葉緑体

問３　一部の細菌は，原始的な光合成により炭酸同化を行っている。このような細菌を光合成細菌という。光合成細菌のもつ光合成色素は（　ア　）で，次の式のように反応が進む。

$$6CO_2 + 12（\quad イ \quad）\rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 12S$$

また，無機物の酸化によって生じる化学エネルギーを用いて，二酸化炭素から有機物を合成する細菌もある。このような細菌を(a)化学合成細菌という。

⑴　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　チラコイド　　②　キサントフィル
③　バクテリオクロロフィル　　④　カロテン

⑵　文中の（　イ　）に当てはまる分子式として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　H_2　　②　H_2S
③　O_2　　④　SO_2

⑶　下線部(a)について，化学合成細菌に分類される細菌として適当でないものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　緑色硫黄細菌　　②　硫黄細菌
③　硝酸菌　　④　亜硝酸菌

［写真・映像提供元］
アフロ，毎日新聞社

テキスト解答

第 1 講　生命の起源と進化

PART1　生命の誕生

問 1　化学進化

問 2　②，③，①

問 3　③

PART2　初期の生命の進化

問 1　①

問 2　③

問 3　②

PART3　生物の変遷

問 1　古生代：⑤　　中生代：③　　新生代：②

問 2　⑥，⑦

問 3　③

第２講　遺伝子の変化と多様性

PART1　塩基レベルの突然変異

問　(1)　③

(2)　②

PART2　染色体レベルの突然変異

問　図１：⑤

図２：④

図３：①

図４：③

第３講　遺伝子の組み合わせの変化

PART1　染色体と減数分裂

問１　(ア) 対合　(イ) 二価染色体　(ウ) 乗換え　(エ) キアズマ

問２　32 通り

PART2　染色体と遺伝子

問１　$A : a = 1 : 1$

問２　$AA : Aa : aa = 1 : 2 : 1$

PART3　独立

問１　③

問２　②

PART4　連鎖

問１　②

問２　⑤

第４講　進化のしくみ

PART1　遺伝子頻度と自然選択

問１　(ア) 相同　(イ) 相似　(ウ) 適応放散　(エ) 収れん

問２　①

PART2　実際の生物集団の進化

問１　X：⑥　Y：④

問２　⑥

問３　⑤

PART3　種分化

問　(ア) 地理的隔離　(イ) 生殖的隔離　(ウ) 染色体

(エ) 自然選択　(オ) 遺伝的浮動

第５講　生物の系統と進化

PART1　生物の分類

問１　(ア) 学名　(イ) 属名　(ウ) 種小名

問２　③

PART2　分子系統樹

問　⑦

PART3　生物の系統と分類

問１　③

問２　②

問３　③

PART4　人類の進化

問１　⑥

問２　⑦

第６講　物質と細胞

PART1　細胞の構造

(1)　(ア) 単細胞生物　(イ) 多細胞生物

　　(ウ) 真核細胞　(エ) 原核細胞

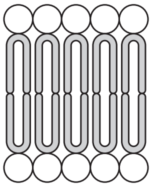
(2)　(ウ) ③，④　(エ) ①

(3)　(a) (い)，(iii)　(b) (え)，(ⅰ)

　　(c) (う)，(v)　(d) (あ)，(ii)

PART2　生体膜

(1)



(2)　流動モザイク

(3)　(ア) リボソーム　(イ) エキソサイトーシス

　　(ウ) エンドサイトーシス

PART3　タンパク質の成り立ち

問１　(ア) ④　(イ) ③

問２　(A) ③　(B) ②　(C) ①　(D) ④

PART4　化学反応にかかわるタンパク質

(1)　(ア) 触媒　(イ) 基質

(2)　酵素の立体構造が変性して失活するから。

(3)　(ウ) ①　(エ) ④

PART5　物質輸送と情報伝達にかかわるタンパク質

問　(ア) チャネル　(イ) ポンプ　(ウ) 高い　(エ) 低い

(オ) 受動輸送　(カ) 能動輸送　(キ) 高　(ク) 高

(ケ) ナトリウムポンプ

第７講　代謝

PART1　代謝とエネルギー

問１　(ア) ①　(イ) ④　(ウ) ③　(エ) ①　(オ) ②

問２　④

PART2　異化-発酵

(1)　(ア) ④　(イ) ①　(ウ) ⑤　(エ) ⑥

(2)　酵母：アルコール発酵　乳酸菌：乳酸発酵

PART3　異化-呼吸

(1)　(ア) 水　(イ) オキサロ酢酸　(ウ) 酸化的リン酸化

(2)　②

(3)　NAD^+

(4)　マトリックスから，内膜と外膜の間に運ばれる。

PART4　さまざまな呼吸基質

(1)　(ア) ピルビン酸　(イ) NADH　(ウ) $FADH_2$
　(エ) 電子伝達系　(オ) グリセリン
　(カ) 脂肪酸　(キ) 尿素　（イ・ウ・オ・カ順不同）

(2)　(あ) 6　(い) 6　(う) 6　(え) 163　(お) 114

PART5　光合成と光合成色素

問１　[1]：③　[2]：③　[3]：④

問２　A：クロロフィルｂ　B：カロテン　C：クロロフィルａ

PART6　光合成のしくみ

⑴　(ア) 光合成色素　(イ) 水　(ウ) 酸素　(エ) ATP 合成酵素

　　(オ) ルビスコ　(カ) カルビン回路

⑵　ストロマ

⑶　ⅰ：5　ⅱ：3

PART7　さまざまな炭酸同化

問１　(ア) バクテリオクロロフィル　(イ) カルビン　(ウ) 化学合成

問２　(1) ６分子　(2) H_2S　(3) シアノバクテリア

問３　①，③

確認問題解答

第1講　PART1　確認問題　解答

問1

（1）③

解説：
生物のからだは，細胞からできていて，同じような形や機能をもつ細胞が集まって組織，組織が集まって器官となり，器官が集まって個体をつくっている。

（2）①

解説：
DNA（デオキシリボ核酸）が遺伝物質であることは，すべての生物に共通する性質である。

（3）④

解説：
地球上の生物は，共通の祖先から，さまざまな環境に合わせて進化してきたため，共通性と多様性をもつと考えられる。

問2

（1）④

解説：
無機物（メタン，硫化水素，アンモニアなど）から単純な有機物（アミノ酸，単糖類など）ができ，さらに複雑な有機物（ペプチド，核酸，多糖類，脂質など）が合成された。

⑵　①

解説：

核酸には, DNA（デオキシリボ核酸）と RNA（リボ核酸）の 2 つがある。

⑶　①

解説：

生物が出現する以前の原始地球において，無機物から有機物が合成された過程のことを，化学進化という。

⑷　②

解説：

自己複製が可能な物質が膜で包まれることで，生物が誕生したと考えられる。

第 1 講　PART2　確認問題　解答

問 1

(1)　③

解説：
46 億年前に地球が誕生し，化学進化を経て 40 億年前に最初の生物が誕生したと考えられている。

(2)　①

解説：
有機物を取り込んで利用する生物を従属栄養生物，化学エネルギーや光エネルギーを利用して無機物から有機物を合成する生物を独立栄養生物といい，初期の生物がどちらであったかは特定されていない。

(3)　②

解説：
シアノバクテリアによる水を用いた光合成によって，地球の酸素濃度が上昇した。

(4)　③

解説：
地球の酸素濃度が上昇することで，酸素を利用して有機物を分解する好気性細菌が出現した。

問 2

(1)　①

解説：
約 20 億年前に，細胞内共生により真核生物が出現したと考えられている。

(2)　④

解説：
ミトコンドリアと葉緑体は内部に独自の DNA をもち，分裂によって増殖することから，ミトコンドリアは好気性細菌が，葉緑体はシアノバクテリアが共生して獲得されたと考えられている。

(3)　③

解説：
バージェス動物群（カナダ），チェンジャン動物群（中国）はカンブリア紀の代表的な化石群で，ストロマトライトはシアノバクテリアの堆積物である。

(4)　①

解説：
地球誕生から 5.4 億年前までを先カンブリア時代という。その後，外骨格をもつ多細胞生物が出現し，多くの化石が残るようになる古生代に入った。

第1講　PART3　確認問題　解答

問1

（1）　③

解説：

地質時代としての古生代は，5 億 4000 万年前～ 2 億 5000 万年前に相当する。

（2）　③

解説：

古生代初期に，大気中の酸素濃度が高まり，オゾン層が形成され，地表に届く紫外線量が減少した。

（3）　①

解説：

古生代に入ると，多細胞生物の多様化が起こった。これをカンブリア紀の大爆発といい，カナダのバージェス動物群や中国のチェンジャン動物群などが代表例である。

（4）　④

解説：

古生代には，魚類と両生類，シダ植物が出現，繁栄した。

問2

（1）　③

解説：

地質時代としての中生代は，2 億 5000 万年前～ 6600 万年前に相当する。

(2)　③

解説：
フズリナ，三葉虫は古生代，マンモスは新生代の示準化石である。

問3

(1)　④

解説：
新生代には，鳥類と哺乳類，被子植物が繁栄した。

(2)　④

解説：
地質時代としての新生代は，6600 万年前～に相当する。

(3)　④

解説：
古第三紀に哺乳類が多様化し，その過程で霊長類が出現した。その後の新第三紀には化石人類が出現し，第四期に現生人類が出現した。

第 2 講　PART1　確認問題　解答

問 1

(1)　①

解説：
DNA の塩基配列に相補的な塩基配列をもった mRNA が合成される過程のことを転写という。

(2)　②

解説：
mRNA の塩基配列に基づいてタンパク質が合成される過程のことを翻訳という。

(3)　④

解説：
遺伝情報は，DNA → RNA →タンパク質のように一方向に流れているという考えのことを，セントラルドグマという。

(4)　②

解説：
同種の個体の間で生じる，一塩基の違いのことを一塩基多型（SNP；スニップ）という。

問2

⑴　③

解説：

遺伝暗号表を詳しくみると，アミノ酸を指定するコドンの数に差があることがわかる。トリプトファンや開始コドンのメチオニンは 1 種類のコドンにのみ指定されるが，アルギニンなどは 6 種類のコドンによって指定される。

⑵　①

解説：

開始コドンから始まる塩基配列であること，3 つの塩基で 1 つのアミノ酸を指定することから，対象となる塩基配列は 13 番目から 15 番目である UUA，アミノ酸はロイシンとなる。

⑶　④

解説：

挿入や欠失によって，遺伝子領域における 3 塩基ごとの読み枠がずれるフレームシフトが起こり，形質に大きな影響が出る場合がある。

第 2 講　PART2　確認問題　解答

問 1

(1)　④

解説：
真核生物の核内には，種に固有の本数の染色体が存在し，各染色体には複数の遺伝子が存在している。

(2)　①

解説：
ヒトの体細胞には，両親それぞれから 23 本ずつの染色体を受け継いだ，合計 46 本の染色体が存在している。

問 2

(1)　②

解説：
逆位は染色体の一部の領域の順序が入れ替わること，転座は染色体の一部が別の染色体につながること，欠失は染色体の一部が失われることである。

(2)　②

解説：
染色体の構造の変化のうち，逆位は染色体の一部の領域が入れ替わることをいう。①は重複，③は欠失，④は転座である。

(3)　①

解説：
染色体の数の変化のうち，正常な個体と比べて，染色体の本数が数本増減していることを異数性，染色体のセット数が増減していることを倍数性という。

第 3 講　PART1　確認問題　解答

問 1

(1)　③

解説：
真核生物の体細胞には，雄親と雌親に由来する染色体のセットが 2 組存在するため，核内には相同染色体という雌雄それぞれの親から受け継いだ形と大きさが同じ染色体が対で存在している。

(2)　②

解説：
有性生殖において，卵や精子など合体により新個体を生じる生殖細胞を配偶子とよぶ。

(3)　③

解説：
配偶子が形成される過程では，減数分裂とよばれる特別な細胞分裂が行われ，染色体数が半減する。

(4)　④

解説：
性染色体は雌雄で構成が異なる染色体，二価染色体は減数分裂第一分裂の前期に相同染色体が対合して形成される染色体，相同染色体は形と大きさが同じで対をなす染色体である。

問 2

(1)　③

解説：

減数分裂第一分裂では，d → a → c → b の順に分裂する。

(2)　①

解説：

減数分裂第一分裂の前期で，相同染色体が対合し，二価染色体が形成されるとき，染色体の一部が交換される乗換えが起こることがある。

(3)　①

解説：

乗換えによって染色体が交さしている部分をキアズマという。

(4)　①

解説：

体細胞が $2n$ 本の染色体をもつ生物が形成する配偶子の染色体の組合せは，2^n 通りとなる。$2n=32$ より $n=16$ なので，2^{16} 通り。

第3講　PART2　確認問題　解答

問1

（1）②

解説：
遺伝子の構成を，アルファベットなどの遺伝子記号を用いて表現したものを遺伝子型という。

（2）③

解説：
染色体に占める遺伝子の位置を遺伝子座といい，同じ遺伝子座に存在する異なる遺伝子を対立遺伝子という。

（3）②

解説：
相同染色体のどちらか一方にあるだけで形質が現れる遺伝子を顕性遺伝子といい，ホモ接合になった場合にだけ形質が現れる遺伝子を潜性遺伝子という。

問2

（1）②

解説：
ヘテロ接合は，異なる対立遺伝子を受け継いでいる場合のことをいう。

（2）④

解説：
神経細胞や肝細胞など，体細胞や受精卵の核相は $2n$ である。配偶子は減数分裂によって生じるので，核相は n となる。

第３講　PART3　確認問題　解答

問１

(1)　④

解説：
ヒトの遺伝子はおよそ 20000 個あり，これらは 23 本の染色体上に存在している。

(2)　②

解説：
同じ染色体上に存在する遺伝子の位置関係を連鎖，異なる染色体上に存在する遺伝子の位置関係を独立という。

(3)　①

解説：
独立な２遺伝子の場合，減数分裂においてそれぞれの相同染色体は，お互いに干渉することなく配偶子に分配される。

問２

(1)　③

解説：
独立の関係にあるとき，配偶子が２種類できるのは A または B のどちらか一方がヘテロ接合，もう一方がホモ接合の場合である。

(2)　④

解説：
表現型が［aB］より，潜性遺伝子の a が表現型に表れるので aa のホモ接合である。一方，顕性遺伝子の B が表現型に表れるので，BB または Bb の遺伝子型となる。

(3)　④

解説：
遺伝子 A と B が独立の関係にあるとき，遺伝子型 $AaBb$ の個体がつくる配偶子の分離比は $AB : Ab : aB : ab = 1 : 1 : 1 : 1$ となる。本問では遺伝子型 $AaBb$ どうしの交雑となる。

第3講　PART4　確認問題　解答

問1

(1)　②

解説：
遺伝子 A と B，a と b が連鎖しており，乗換えが生じないとき，遺伝子型 $AaBb$ の個体から生じる配偶子は AB と ab の2種類のみとなる。

(2)　①

解説：
連鎖している遺伝子において，乗換えが生じないとき，もとの遺伝子の組み合わせのまま，配偶子に分配される。

問2

(1)　③

解説：
組換え価は，組換えを起こした配偶子の数を全配偶子の数で割ったものである。組換え価が20% ということは，$AB：Ab：aB：ab = 40：10：10：40$，すなわち $4：1：1：4$ となる。

(2)　②

解説：
$AB：Ab：aB：ab = 7：1：1：7$ なので，組換え価は $\frac{1+1}{7+1+1+7} \times 100 = 12.5\%$ となる。

(3)　④

解説：

組換え価が 25% なので，遺伝子型 $AaBb$ の個体がつくる配偶子の分離比は $AB：Ab：aB：ab = 3：1：1：3$ となり，これを交雑させた子の分離比を求める。

第 4 講　PART1　確認問題　解答

問 1

(1)　②

解説：

同種の個体間にみられる形質の違いを変異といい，DNA の塩基配列が変化することを突然変異という。

(2)　①

解説：

遺伝子プールにおける，ある対立遺伝子が占める割合が遺伝子頻度であり，遺伝子頻度と遺伝子型頻度は集団の遺伝的組成を表す指標である。

(3)　①

解説：

遺伝子型 BB には遺伝子 B のみ（0.2），遺伝子型 Bb には $B:b = 0.2:0.2$，遺伝子型 bb には遺伝子 b のみ（0.4）があるので，遺伝子 B の頻度は $0.2 + 0.2 = 0.4$，遺伝子 b の頻度は $0.2 + 0.4 = 0.6$ となる。

問 2

(1)　③

解説：

オオシモフリエダシャクには明色型と暗色型があり，明色型がほとんどであったが，工業化に伴って生息域の木の幹が暗色に変化したため暗色型の方が目立たないようになり，暗色の個体が自然選択された。これは，環境に適応し遺伝子頻度が変化した例である。

⑵　③

解説：
異なる種の生物どうしが，互いの生存と繁殖に影響を与え合いながら進化する現象を共進化という。

⑶　②

解説：
共進化の例としては，このほかに，蜜をためる部分が非常に長いランの花と，その蜜を吸う，非常に口吻の長いスズメガなどがある。

問３

②

解説：
形態や機能は異なっているが，骨格などの基本構造が共通している器官を相同器官，異なる起源をもつ器官であるが，似た形態や機能をもつ器官を相似器官という。

第 4 講　PART2　確認問題　解答

問 1

(1)　①

解説：
生存や繁殖に影響を与える対立遺伝子に対しては，自然選択がはたらくため，有利な対立遺伝子は集団内に広まり，不利な対立遺伝子は集団内から取り除かれていく。

(2)　③

解説：
中立な突然変異であっても，世代を経るなかで偶然によって遺伝子頻度が増減する場合がある。そのような偶然による遺伝子頻度の変化を遺伝的浮動という。

(3)　②

解説：
自然選択による適応進化に対して，遺伝的浮動によって起こる進化を中立進化という。中立進化で広まった形質は適応的であるとは限らない。

(4)　①

解説：
遺伝子頻度の変化などの小規模な進化を小進化，新しい種の出現などの大規模な進化を大進化という。

問 2

(1)　③

解説：

ハーディ・ワインベルグの法則が成立している集団では，進化は起こらず，この条件が保たれたまま世代を経ると，遺伝子頻度と遺伝子型頻度は一定の平衡状態に達する。

(2)　③

解説：

遺伝的平衡のとき，以下の関係が成立する。

遺伝子頻度　⇔　遺伝子型頻度

$A : a = p : q$　⇔　$AA : Aa : aa = p^2 : 2pq : q^2$

よって，遺伝子型がヘテロ接合体の子の遺伝子頻度，すなわち Aa のとき，$Aa = 2 \times 0.8 \times 0.2 = 0.32$ となる。

第 4 講　PART3　確認問題　解答

問 1

④

解説：
個体どうしの交配によって生殖能力をもった次世代が生まれる生物集団を種という。

問 2

(1)　①

解説：
生物の集団が地理的な問題によって 2 つの集団に分断され, 集団間で交配できなくなることを, 地理的隔離という。

(2)　③

解説：
地理的隔離が解消されても，生殖にかかわる形質について差が生じた結果，集団間で交配が起こらない場合があり，これを生殖的隔離という。

(3)　③

解説：
隔離や倍数化によって，新種が生じる過程を種分化という。

問 3

(1)　④

解説：

一粒コムギ (遺伝子型：AA) と野生型コムギ (遺伝子型：BB ）の交配によって生じた雑種コムギ（遺伝子型：AB ）を倍数化するので，$AABB$ となる。

(2)　②

解説：

倍数化した雑種コムギ（遺伝子型：$AABB$ ）とタルホコムギ（遺伝子型：DD ）を交配してできる雑種コムギの遺伝子型は ABD である。

第5講　PART1　確認問題　解答

問1

(1) ③

解説：
一般的な分類では，種を基本的な単位としていて，近縁な種を合わせて属，近縁な属を合わせて科という階層が設けられている。

(2) ①

解説：
科からさらに上位の階層として，目，綱，門，界という階層が設けられている。

(3) ④

解説：
かつては，界が最上位の分類階層であったが，現在では，界よりさらに上位にドメインといわれる階層が設けられている。

(4) ②

解説：
生物が進化してきた道筋を系統といい，系統を枝分かれした樹状に表現した図を，系統樹という。

問２

⑴　④

解説：
世界共通で用いることができる種名を学名という。生物にはリンネによって確立された二名法により学名がつけられている。

⑵　②

解説：
学名は，二名法にもとづいて，属名＋種小名の組み合わせで表される。「*Dorcus*」が属名，「*hopei*」が種小名であり，「ホペイオオクワガタ」は和名である。

第 5 講　PART2　確認問題　解答

問 1

(1)　②

解説：
生物は世代を経るに従い，DNA の塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列が変化する。このような変化を，分子進化という。

(2)　②

解説：
塩基配列やアミノ酸配列の変化の速度を分子時計といい，遺伝子やタンパク質ごとに概ね一定である。

(3)　③

解説：
タンパク質のアミノ酸配列や DNA の塩基配列の情報にもとづいて作成された系統樹を，分子系統樹という。

問 2

(1)　①

解説：
生物 A，B の塩基配列の違いは 1.2% なので，A，B 共通の祖先からはそれぞれ $1.2 \div 2 = 0.6\%$ ずつ変化した。

(2)　①

解説：
A，B 共通の祖先と C との間には，平均して $(3.1 + 3.3) \div 2 = 3.2\%$ の違いがある。よって，A，B，C 共通の祖先からは，それぞれ $3.2 \div 2 = 1.6\%$ ずつ変化した。

⑶　②

解説：

A，B，C 共通の祖先と D との間には，平均して $(6.8 + 7.0 + 6.6) \div 3 = 6.8$ % の違いがある。よって，A，B，C，D 共通の祖先からは，それぞれ $6.8 \div 2 = 3.4$% ずつ変化した。

第5講　PART3　確認問題　解答

問1

(1)　③

解説：
すべての生物がもつリボソームの構成要素であるrRNAの塩基配列から，生物は3つのドメインに分けられる。

(2)　①

解説：
細菌ドメインが最も古く分岐し，その後にアーキアと真核生物が分岐した。

(3)　①

解説：
生物は，細菌（バクテリア）ドメイン・アーキア（古細菌）ドメイン・真核生物（ユーカリア）ドメインに分けられる。

(4)　②

解説：
大腸菌とシアノバクテリアは細菌ドメイン，メタン生成菌はアーキアドメインに含まれる。

問2

(1)　①

解説：
原生生物は，藻類・粘菌類・原生動物などに大別される。

(2)　②

解説：
キイロタマホコリカビは粘菌類，アサクサノリとクロレラは藻類である。

問３

①

解説：
真核生物のうち，陸上で光合成を行う多細胞生物は植物に分類される。植物はシャジクモ類の一種を起源としており，光合成色素としてクロロフィル a とクロロフィル b をもつ。

問４

④

解説：
真核生物のうち，体外で有機物を分解して利用する従属栄養の生物が菌類に分類される。菌類の多くは，からだが菌糸でできている。

第 5 講　PART4　確認問題　解答

問 1

(1)　③

解説：
霊長類は，両眼が前方を向いていることで立体視の範囲が広くなり，正確な距離を把握できるようになった。

(2)　②

解説：
霊長類は，親指が他の指と向き合うことで，枝などをつかみやすくなった。

(3)　②

解説：
霊長類のもつ，立体視ができる範囲が広いことや拇指対向性は，樹上生活に適した特徴である。

問 2

(1)　④

解説：
人類には，霊長類に共通する特徴と，二本足で直立して歩く直立二足歩行など，人類固有の特徴がある。

(2)　④

解説：
現生人類の脳容積は約 1500mL である。

(3)　③

解説：
大後頭孔とは頭骨と首をつなぐ部分にある脊髄の通り道のことで，大後頭孔が真下に開口することで重い脳を支えることができるようになった。

(4)　②

解説：
脊柱が S 字状になることで，重い頭部を垂直に支えることができる。つまり，直立二足歩行に適している。

第 6 講　PART1　確認問題　解答

問 1

(1)　④

解説：
細胞を構成する物質には，Na や K，Cl などを含む無機塩類があり，これらの多くは水に溶けてイオンとして存在している。

(2)　①

解説：
動物細胞を構成する物質は，多い順に，水—タンパク質—脂質である。一方，植物細胞を構成する物質は，多い順に，水—炭水化物—タンパク質である。

問 2

(1)　②

解説：
原核細胞からなる原核生物は，細菌とアーキアに分けられる。真核生物には単細胞生物と多細胞生物があり，ゾウリムシやクロレラは単細胞生物，ツバキは多細胞生物である。

(2)　②

解説：
真核細胞の DNA は，ヒストンとよばれるタンパク質などとともに核の内部に存在している。

⑶　④

解説：
植物細胞と動物細胞のうち，植物細胞でのみみられる構造として，葉緑体，発達した液胞，細胞壁がある。

⑷　①

解説：
ゴルジ体はタンパク質の分泌に関与しており，扁平な袋のような膜構造が層状に重なった構造をしている。

⑸　①

解説：
細胞内の不要なタンパク質や細胞小器官が分解される過程は，オートファジー（自食作用）とよばれる。

⑹　③

解説：
細胞骨格を構成する繊維を太い方から順に並べると，チューブリンが重合した微小管，動物細胞で発達し細胞に物理的な強度を与える中間径フィラメント，アクチンが重合したアクチンフィラメントとなる。筋収縮やアメーバ運動，動物細胞の細胞質分裂にはアクチンフィラメントが関与する。

第 6 講　PART2　確認問題　解答

問 1

(1)　④

解説：
生体膜はリン脂質とタンパク質からできており，リン脂質には親水性の部分と疎水性の部分がある。

(2)　①

解説：
向かい合うリン脂質は，互いの疎水性の部分を内側に，親水性の部分を外側に配置して，脂質二重層を形成している。

問 2

②

解説：
脂質二重層の間には，埋没･貫通したタンパク質が存在し，リン脂質とこれらのタンパク質は膜内を横方向に移動できる。このような生体膜の構造様式を流動モザイクモデルという。

問 3

②

解説：
生体膜を通過できない大きさの物質は，生体膜に取り囲まれて小胞として細胞内に取り込まれる。これをエンドサイトーシスという。一方，物質を小胞で取り囲んで細胞外へ放出することをエキソサイトーシスという。

問 4

③

解説：

オートファジー（自食作用）では，リソソームに含まれる分解酵素により，不要になったタンパク質や細胞小器官をアミノ酸などに分解している。

第 6 講　PART3　確認問題　解答

問 1

(1)　①

解説：

アミノ基は窒素原子 1 つ，水素原子 2 つからなる。－COOH はカルボキシ基の化学式となる。

(2)　③

解説：

アミノ酸は 1 つの炭素原子にアミノ基とカルボキシ基，水素原子，側鎖が結合してできている。

(3)　③

解説：

タンパク質をつくるアミノ酸は 20 種類あり，側鎖の違いに応じてアミノ酸の性質が決まる。

(4)　①

解説：

ペプチド結合によって多数のアミノ酸が結合した鎖状の物質をポリペプチドという。

問 2

(1)　②

解説：

部分的な立体構造は，主鎖内の離れた位置にある－CO と－NH の水素結合によってつくられる。

(2)　②

解説：

αヘリックスやβシートのような立体構造を二次構造という。

(3)　①

解説：

ポリペプチドが折りたたまれて（フォールディング）立体構造を形成するとき，ポリペプチドの折りたたみを補助するタンパク質をシャペロンという。

(4)　①

解説：

タンパク質の立体構造が変化することを変性，変性によりタンパク質の機能が失われることを失活という。

第 6 講　PART4　確認問題　解答

問 1

(1)　①

解説：
酵素の活性部位は複雑な立体構造をしており，その構造に合致する特定の基質しか結合できないため，酵素は特定の基質にのみ反応性を示す。この性質を基質特異性という。

(2)　②

解説：
酵素は活性部位で基質と結合し，酵素 - 基質複合体を形成する。

(3)　③

解説：
アロステリック酵素のように，阻害物質が酵素の活性部位以外に結合することによる酵素反応の阻害を，非競争的阻害という。

(4)　③

解説：
①はペプシン（最適 pH は 2），②はアミラーゼ（最適 pH は 7），③はトリプシン（最適 pH は 8）である。

問 2

①

解説：

酵素量を 2 倍にすると，反応時間は短くなるが，基質量は一定なので，生成物量は酵素量を 2 倍にする前と変わらない。よって，①のグラフになる。

第 6 講　PART5　確認問題　解答

問 1

④

解説：
酸素や二酸化炭素のように極性がなく小さい分子や，ステロイド系ホルモンのような疎水性の分子は，生体膜を透過しやすい。

問 2

(1)　①

解説：
イオンや水などの極性分子が透過する，膜を貫通する筒状のタンパク質をチャネルという。

(2)　②

解説：
濃度勾配に逆らった物質輸送をするタンパク質をポンプといい，ATP などのエネルギーを必要とする。

(3)　③

解説：
チャネルのうち，アクアポリンは水分子のみを輸送する。水分子は，アクアポリンの筒の内部を一列になって通過することが特徴である。

問３

(1)　③

解説：
情報伝達物質を受容する細胞を標的細胞といい，細胞間のシグナルは，標的細胞がもつ受容体によって受け取られる。

(2)　②

解説：
イオンチャネル型受容体に情報伝達物質が結合すると，チャネルが開き，細胞内外の濃度勾配に従った物質輸送が行われる。

第 7 講　PART1　確認問題　解答

問 1

(1)　②

解説：
代謝のうち，単純な物質から複雑な物質を合成する過程のことを同化という。（例）光合成

(2)　④

解説：
代謝のうち，複雑な物質を単純な物質に分解する過程のことを異化という。（例）呼吸

(3)　①

解説：
反応の過程で，同化はエネルギーを吸収し，異化はエネルギーを放出する。

問 2

(1)　①

解説：
ATP（アデノシン三リン酸）は塩基のアデニンと糖のリボース，3 つのリン酸が結合した構造である。

(2)　④

解説：
アデニンとリボースが結合した構造はアデノシンという。

⑶　③

解説：
高エネルギーリン酸結合は，リン酸どうしの間の結合であり，この結合が切れて ATP が ADP（アデノシン二リン酸）とリン酸に分解される際にエネルギーが放出される。

問３

⑴　①

解説：
ある反応で，電子を失った物質は「酸化された」と表現され，電子を受け取った物質は「還元された」と表現される。

⑵　②

解説：
酸化型補酵素の NAD^+，$NADP^+$，FAD は，基質から電子を受け取って還元型補酵素の NADH，NADPH，$FADH_2$ となり，電子の受け渡しを仲介する。

第 7 講　PART2　確認問題　解答

問 1

（1）　③

解説：
異化には，酸素を必要としない発酵と，主にミトコンドリアで進み酸素を必要とする呼吸がある。

（2）　①

解説：
発酵，呼吸ともに有機物の分解によって生じたエネルギーを利用して，ATP を合成している。

問 2

（1）　②

解説：
1 分子のグルコースから 2 分子のピルビン酸が生じ，2 分子のピルビン酸から 2 分子のアセトアルデヒドになる。2 分子のアセトアルデヒドは NADH によって還元され，最終的に 2 分子のエタノールとなる。

（2）　①

解説：
1 分子のグルコースから 2 分子のピルビン酸が生じる過程で，2 分子の ATP が消費され，4 分子の ATP が合成される。

⑶　②

解説：
ピルビン酸からエタノールが生じる過程では，まず二酸化炭素が放出されて，ピルビン酸がアセトアルデヒドになる。次に，アセトアルデヒドが還元されて，エタノールが生じる。

問３

⑴　②

解説：
1 分子のグルコースから 2 分子のピルビン酸が生じ，2 分子のピルビン酸から 2 分子の乳酸が生じる。

⑵　①

解説：
アルコール発酵と同様に，1 分子のグルコースから 2 分子のピルビン酸が生じる過程で，2 分子の ATP が消費され，4 分子の ATP が合成される。

⑶　②

解説：
低酸素環境の筋細胞では，乳酸発酵と同じ過程で ATP 合成が起こる。この過程を解糖という。

第7講　PART3　確認問題　解答

問1

（1）③

解説：
グルコースを基質とした呼吸は，解糖系，クエン酸回路，電子伝達系の 3 段階で進む。

（2）①

解説：
解糖系はサイトゾルで反応が進み，クエン酸回路と電子伝達系はミトコンドリアで反応が進む。

（3）③

解説：
ミトコンドリアの内膜の内側の空間をマトリックス，内膜がさらに内側に折れ込んだひだ状の構造をクリステという。

問2

②

解説：
1 分子のグルコースは，サイトゾルに存在する酵素によって，2 分子のピルビン酸に分解される。その過程で ATP と還元型補酵素が生成される。

問3

(1)　①

解説：
クエン酸回路では，1 分子のピルビン酸に対して 3 分子の CO_2 が生じる。

(2)　②

解説：
クエン酸回路では，1 分子のピルビン酸に対して，4 分子の NADH が生じる。

(3)　①

解説：
クエン酸回路では，1 分子のピルビン酸に対して，1 分子の ATP が生じる。

問4

(1)　②

解説：
呼吸の電子伝達系では，還元型補酵素である NADH や $FADH_2$ が酸素によって酸化されて，酸化型補酵素である NAD^+ や FAD にもどる。

(2)　④

解説：
呼吸の電子伝達系における ATP 合成は酸化的リン酸化とよばれ, 1 分子のグルコースに由来する還元型補酵素から，最大で 34 分子の ATP が生じる。

第7講　PART4　確認問題　解答

問1

(1)　④

解説：
脂肪は胆汁によって乳化された後，すい液に含まれるリパーゼにより分解される。

(2)　③

解説：
脂肪がリパーゼによってグリセリンと脂肪酸に分解されると，グリセリンは C_3 化合物として解糖系に入る。

(3)　③

解説：
脂肪酸の端から炭素２個を含む部分が切り取られて C_2 化合物となり，これがコエンザイムＡと結合してアセチルCoAとなる。この過程を β 酸化という。

(4)　②

解説：
リパーゼによって分解されて生じた脂肪酸は，C_2 化合物となり，アセチルCoAとしてクエン酸回路に取り込まれる。

(5)　③

解説：
タンパク質は，胃液のペプシン，すい液のトリプシン，小腸のペプチダーゼによってアミノ酸にまで分解されて，体内に吸収される。

(6)　①

解説：

アミノ酸は，脱アミノ反応によりアンモニアを生じ，その他の部分は炭素数に応じてクエン酸回路に入り，呼吸基質となる。

問2

(1)　②

解説：

呼吸商の値は呼吸基質によって決まっており，炭水化物が 1.0，タンパク質が 0.8，脂肪が 0.7 に近い値になる。

(2)　①

解説：

呼吸で排出された二酸化炭素の体積を吸収した酸素の体積で割った値を，呼吸商という。

第 7 講　PART5　確認問題　解答

問 1

(1)　②

解説：
光合成は，光エネルギーを用いて二酸化炭素からグルコースなどの炭水化物を合成する同化である。

(2)　③

解説：
葉緑体は二重膜で包まれており，扁平な小胞の構造をチラコイド，チラコイド以外の部分をストロマという。

(3)　②

解説：
光合成は，チラコイドで起こる反応とストロマで起こる反応の 2 段階に大別することができる。

(4)　③

解説：
チラコイドの膜には，光エネルギーを受容する光合成色素が存在し，ここで吸収された光エネルギーが光合成に利用される。

(5)　④

解説：
クロロフィルは青色と赤色の光を吸収し，緑色の光を反射，透過するため緑色に見える。

問２

（1）　③

解説：

光合成色素の種類により，吸収できる光の波長は異なる。

（2）　①

解説：

クロロフィルは青色光と赤色光を主に吸収している。このうち，波長が短い方は青色光である。

第 7 講　PART6　確認問題　解答

問 1

(1)　②

解説：

電子が電子伝達系を通ると，H^+ がストロマ側からチラコイド内に能動輸送される。

(2)　③

解説：

葉緑体における ATP 合成は，光リン酸化とよばれる。

(3)　②

解説：

光化学系Ⅱでは，電子を失った反応中心のクロロフィルは，水が分解されて生じた電子を受け取って，還元された状態にもどる。

(4)　②

解説：

チラコイド膜では B → D → A → C の順に反応が進み，光エネルギーにより，ATP と NADPH が合成される。

問2

(1)　④

解説：

カルビン回路では，1分子の二酸化炭素は1分子のC_5化合物リブロースビスリン酸と結合する。

(2)　②

解説：

1分子の二酸化炭素と1分子のリブロースビスリン酸が結合して，2分子のC_3化合物ホスホグリセリン酸が生じる。

(3)　③

解説：

ストロマではATPとNADPHの化学エネルギーを利用して二酸化炭素から有機物が合成される。

第7講　PART7　確認問題　解答

問1

（1）③

解説：

C_4 植物では，二酸化炭素はオキサロ酢酸を経てリンゴ酸などの C_4 化合物に変えられている。

（2）②

解説：

C_4 植物では，二酸化炭素を固定することで生じたリンゴ酸が葉肉細胞から維管束鞘細胞に移動した後，二酸化炭素を遊離する。この二酸化炭素が，カルビン回路に入る。

（3）④

解説：

C_4 植物は，熱帯などの強光，高温で乾燥した環境での生息に適している。

問2

（1）④

解説：

CAM 植物には，サボテンの他にベンケイソウなどもある。

（2）②

解説：

リンゴ酸は液胞に貯蓄され，昼に再び二酸化炭素を遊離させてカルビン回路に送り，有機物合成に利用される。

問 3

(1)　③

解説：
光合成細菌は，光合成色素としてバクテリオクロロフィルをもつ。

(2)　②

解説：
光合成細菌は，水の代わりに硫化水素を利用して光合成を行うため，最終的には酸素ではなく硫黄を生じる。

(3)　①

解説：
緑色硫黄細菌は光合成細菌であり，光合成細菌には他にも，紅色硫黄細菌などがある。

はじめに

本講座は，生物を学ぶ人に向けた，基礎的な生命現象の理解と知識の習得を目標とした講座です。

本講座では，生物の内容全体を大きく５つに分けて扱います。

まず，生物が進化してきた過程やその原理を学びます。すべての生物は共通の祖先に由来し，長い時間をかけて多様な環境に合わせて進化してきました。その結果が，生物がもつ共通性と多様性という二面性に表れています。進化を学ぶことは，生物のさまざまな側面の土台を学ぶことになります。

次に，生物の物質としての側面に注目して，細胞やタンパク質，代謝について扱います。生物がどのようなモノでできているのか，“生きる”ためには体のなかでどのような反応が起こっているのか，これらを学んでいきましょう。３つ目には，遺伝子と発生について扱います。DNA が“遺伝子”として働くことは知っているかもしれませんが，化学物質である DNA によって生物の特徴がどのように決定していくのか，その過程を学んでもらいます。４つ目には,生物の環境応答を扱います。生きていくためには外の世界を感知し,適切な反応を返す必要があります。この仕組みについて，動物と植物のそれぞれの特徴を知ってもらいます。最後に，生態系の内容を扱います。生態系を構成する要素と，それらの関係性について勉強していきましょう。

自分自身がどのような存在であるのか，その答えに対するアプローチにはさまざまなものがありますが，その手段の一つとして「自分自身の生物としての側面」を知るというものもあります。生物の科目では，全体を通じて，生き物とはどういう存在であるかを学習していきます。そこで学ぶ内容は，皆さんに無関係なものではなく，きっと自分自身を理解するための材料になってくれるでしょう。

ぜひ，生物の勉強を通じて，自分のこと，身近な生物のことに興味をもってください。興味をもつことこそが，一番の勉強のコツです。その一助となれることを楽しみにしています。

牧島　央武

講座の受け方

受講対象

主に「生物」を初めて学ぶ人

講座の構成

各 PART は「講義」「演習問題」「確認テスト」で構成されています。

- **講義**　基本的な知識や重要事項を短い動画で学びます。
- **演習問題**　短い動画を見て，講師と一緒に問題を解きましょう。
- **確認テスト**　授業で学んだ内容を，異なる問題で復習しましょう。

学習の流れ

- **予習**　基本的に不要です。
- **授業**　「講義」と「演習問題」の動画で学びましょう。
- **復習**　授業で学んだ内容を，確認テストで復習しましょう。

テキストの使い方

テキストは重要なところを穴埋め形式にしてあります。授業を受けながら，色ペンなどで埋めていき，復習の際にはそこを中心に確認していくとよいでしょう。

< Note >

目次

前編

第1講 生命の起源と進化
- PART1 生命の誕生
- PART2 初期の生物の進化
- PART3 生物の変遷

第2講 遺伝子の変化と多様性
- PART1 塩基レベルの突然変異
- PART2 染色体レベルの突然変異

第3講 遺伝子の組み合わせの変化
- PART1 染色体と減数分裂
- PART2 染色体と遺伝子
- PART3 独立
- PART4 連鎖

第4講 進化のしくみ
- PART1 遺伝子頻度と自然選択
- PART2 実際の生物集団の進化
- PART3 種分化

第5講 生物の系統と進化
- PART1 生物の分類
- PART2 分子系統樹
- PART3 生物の系統と分類
- PART4 人類の進化

第6講 物質と細胞
- PART1 細胞の構造
- PART2 生体膜
- PART3 タンパク質の成り立ち
- PART4 化学反応にかかわるタンパク質
- PART5 物質輸送と情報伝達にかかわるタンパク質

第7講 代謝
- PART1 代謝とエネルギー
- PART2 異化ー発酵
- PART3 異化ー呼吸
- PART4 さまざまな呼吸基質
- PART5 光合成と光合成色素
- PART6 光合成のしくみ
- PART7 さまざまな炭酸同化

後編
第8講 DNA の構造と複製
PART1 DNAの構造
PART2 DNAの複製

第9講 遺伝情報の発現
PART1 遺伝子の発現ー転写
PART2 遺伝子の発現ー翻訳
PART3 遺伝子の発現調節

第10講 動物の発生
PART1 動物の配偶子形成と受精
PART2 カエルの発生
PART3 形成体と誘導
PART4 カエルの発生と遺伝子発現
PART5 ショウジョウバエの発生と遺伝子発現

第11講 バイオテクノロジー
PART1 遺伝子を扱った技術

第12講 受容器
PART1 刺激の受容ー眼
PART2 耳とその他の受容器

第13講 ニューロンと神経系
PART1 ニューロンの興奮
PART2 興奮の伝導と伝達
PART3 神経系

第14講 効果器
PART1 筋肉の構造と収縮
PART2 筋収縮とエネルギー

第15講 動物の行動
PART1 生得的な行動
PART2 学習

第16講 植物の環境応答
PART1 発芽の調節
PART2 成長の調節
PART3 花芽形成の調節
PART4 環境の変化に対する応答
PART5 植物の配偶子形成と受精

第17講 生物の集団
PART1 個体群と個体群密度
PART2 個体群の構成
PART3 種内関係
PART4 種間関係
PART5 生態的地位と種間競争

第18講 物質生産と物質循環
PART1 生態系における物質生産
PART2 物質収支
PART3 エネルギーの流れと物質循環

第19講 生態系と人間活動
PART1 生物多様性と生態系サービス

第8講　DNAの構造と複製

PART1　DNAの構造

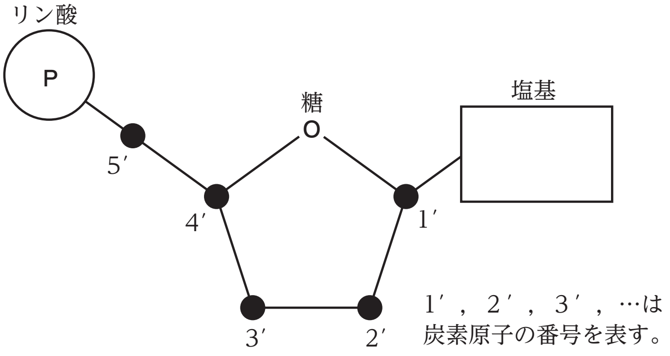
目標
・核酸の構成単位であるヌクレオチドの構造を理解する。
・DNAの二重らせん構造を理解する。

Chapter1　核酸の構成単位

生体内では，DNAの情報にもとづいてタンパク質が合成され，そのはたらきによって生物の形質が決定する。タンパク質が合成される過程は，RNAがその情報を媒介している。

DNAやRNAは核酸とよばれ，その構成単位は（　　　　　　　　）である。

◆ ヌクレオチド



構成元素
リン酸：P，H，O
五炭糖：C，H，O
塩基：C，H，O，N

	糖	塩基
DNA	デオキシリボース	A，T，G，C
RNA	リボース	A，U，G，C

A：(　　　　　　)　T：(　　　　　　)　U：(　　　　　　)

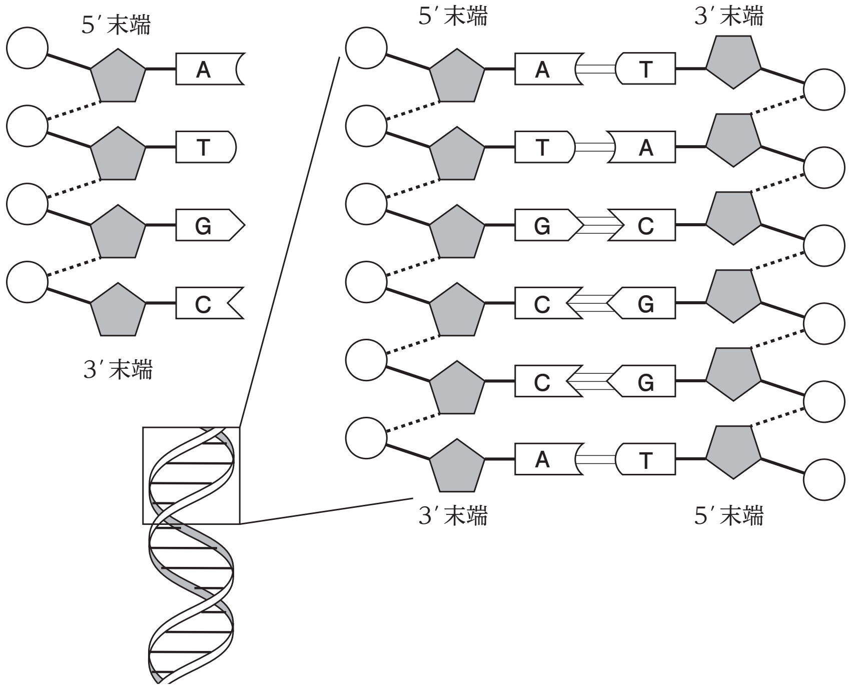
G：(　　　　　　)　C：(　　　　　　)

Chapter2　DNA の構造

◆ 二重らせん構造

DNA の構成単位であるヌクレオチドが多数連結することで，ヌクレオチド鎖ができる。ヌクレオチド鎖には方向性があり，リン酸が残る側を（　　　　　），その反対側を（　　　　　）という。

さらに，2 本のヌクレオチド鎖が塩基を内側に向けて（　　　　　　）で結合することで 2 本鎖 DNA ができる。2 本鎖 DNA において，向かい合う塩基の組み合わせは決まっており，A と T，G と C が向かい合う。この関係性を塩基の（　　　　　）という。2 本鎖 DNA におけるヌクレオチド鎖は方向が逆になるように向かいあっており，さらにらせん状にねじれることで，（　　　　　　）構造をとる。

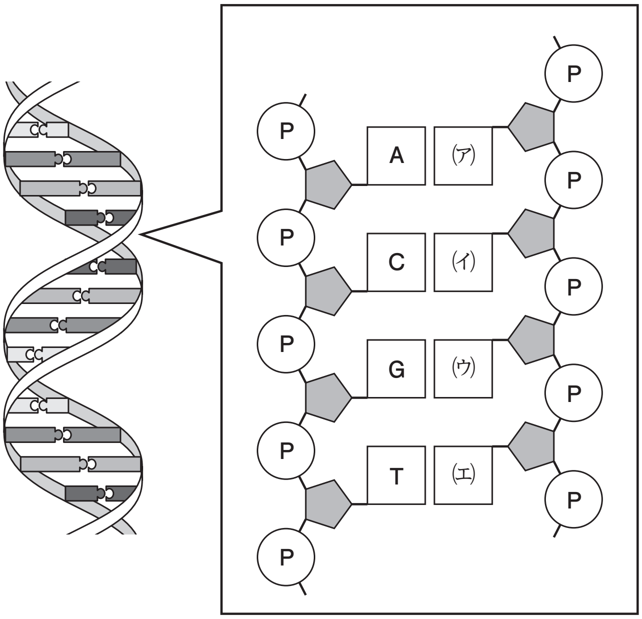


まとめ

・DNA は，リン酸と糖，塩基でできたヌクレオチドが構成単位となっている。
・DNA の二重らせん構造では，相補的な塩基が向かい合っている。

Chapter3　演習問題

問　図は，DNA の模式図である。



(1)　DNA の２本の鎖がねじれた構造を何とよぶか。

(2)　図のⓅが示す化合物の名称を答えよ。

(3)　図の が示す化合物の名称を答えよ。

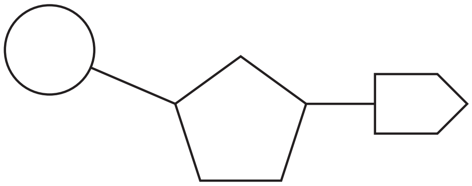
(4)　図の A，C，G，T，それぞれの塩基の名称を答えよ。

(5)　図の A，C，G，T の対になる塩基，(ア)，(イ)，(ウ)，(エ)の種類を，A，C，G，T の記号を用いて答えよ。

＜ Note ＞

第 8 講　PART1　確認問題

問 1　生物が個体として存在し，生命活動を営むのに必要な情報を遺伝情報といい，親から子へ，細胞から細胞へと伝える担い手（物質）を遺伝子という。遺伝子の本体は DNA で，DNA の情報にもとづいてタンパク質が合成される。DNA や RNA は（　ア　）とよばれ，その構成単位を (a)ヌクレオチドという。次の図は，DNA を構成するヌクレオチドを模式的に表したものである。



（　イ　）

(1)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　ヌクレオシド　　②　脂質
③　炭水化物　　④　核酸

(2)　下線部 (a) について，ヌクレオチドを構成する塩基のうち，DNA にはなく RNA にのみ存在する塩基として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　アデニン　　②　チミン
③　グアニン　　④　ウラシル

(3)　図中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　リボース　　②　デオキシリボース
③　リン酸　　④　塩基

問２　ヌクレオチドは，糖とリン酸の部分で次々とつながって，鎖状のヌクレオチド鎖をつくる。ヌクレオチド鎖には方向性があり，リン酸側の末端は（　ア　）という。

　さらに，２本のヌクレオチド鎖が塩基を内側に向けて，(a)相補的な塩基どうしが（　イ　）で結合することで，２本鎖DNAができる。２本鎖DNAにおけるヌクレオチド鎖は，方向が逆になるように向かい合っており，さらにらせん状にねじれることで，二重らせん構造をとる。

⑴　文中の（　ア　）に当てはまる語句として適当なものを，次の①，②のうちから一つ選べ。

①　3′末端　　②　5′末端

⑵　下線部 (a) について，相補的な塩基の組み合わせとして最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　AとC　　②　AとT　　③　AとG

⑶　文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　水素結合　　②　ジスルフィド結合
③　ペプチド結合　　④　高エネルギーリン酸結合

PART2　DNAの複製

目標
・DNA の半保存的複製の過程を理解する。
・原核細胞と真核細胞の DNA 複製の違いを理解する。

Chapter1　DNAの複製の概要基本

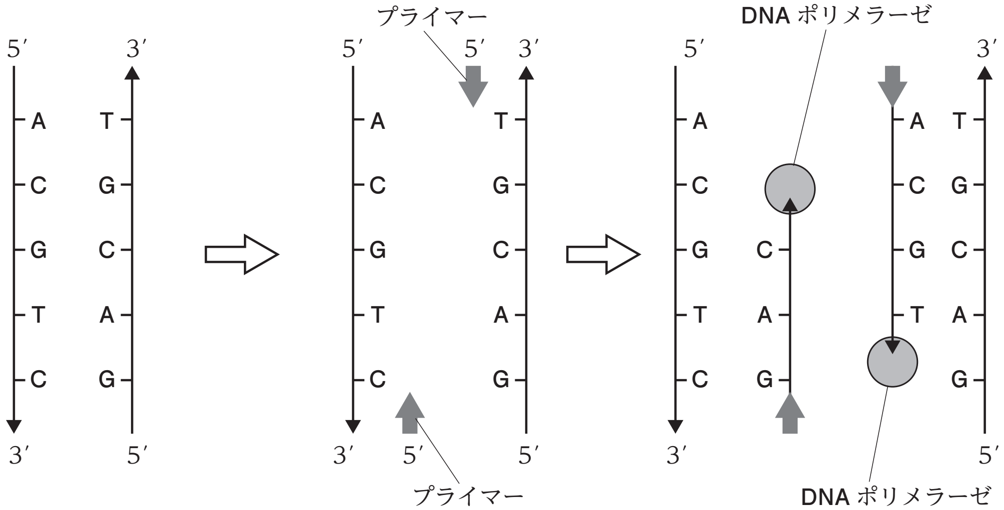
◆ 半保存的複製

DNA の複製は，次の過程で進む。

①（　　　　　　　　　　）によって，二本鎖 DNA の二重らせん構造がほどかれる。

② それぞれの鎖に，複製の起点となる短い RNA 鎖でできている（　　　　　　　）が合成される。

③ プライマーの 3′ 末端側から，（　　　　　　　　　　）によって相補的な塩基をもつヌクレオチドが順次結合されていく。



複製の結果，生じた 2 組の二本鎖 DNA は，それぞれ一方が鋳型となった古いヌクレオチド鎖であり，もう一方が新生されたヌクレオチド鎖となる。このような複製様式は，（　　　　　　　　）とよばれる。

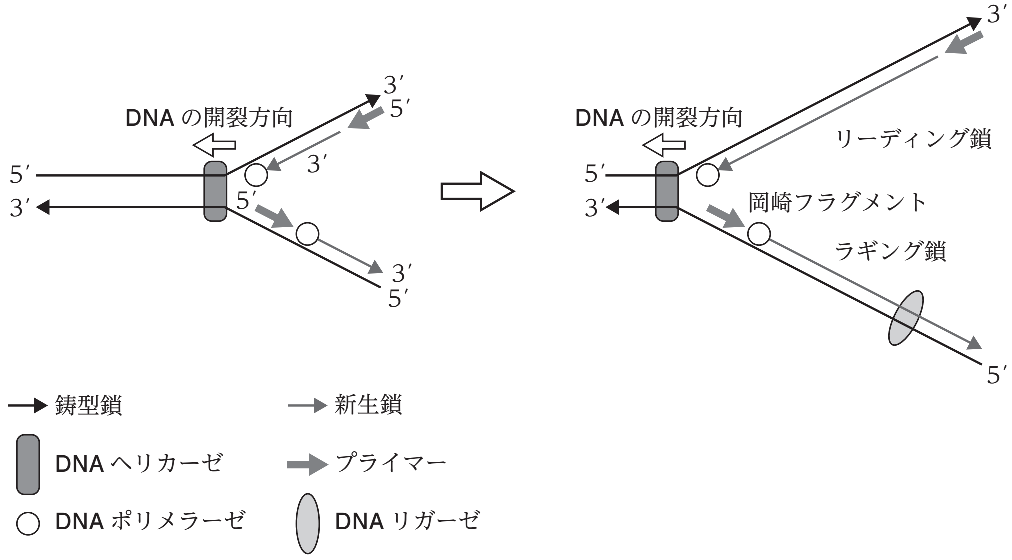
Chapter2　DNAの複製の詳細応用

◆ リーディング鎖とラギング鎖

DNA の複製が始まる領域は複製起点とよばれ，複製起点から両方向に DNA ヘリカーゼによる開裂が進行し，DNA ポリメラーゼによって新生鎖が合成される。

DNA ポリメラーゼは新生鎖を 5′→3′ の方向にしか伸長できないため，開裂が進む場では，一方の新生鎖は開裂方向に連続的に合成される（　　　　　　　　）となる。

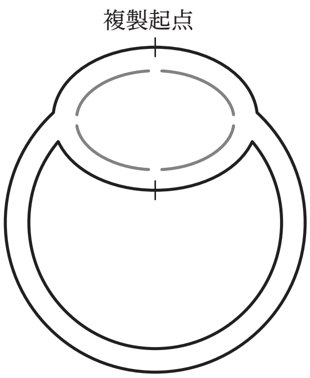
もう一方では，（　　　　　　　　）とよばれる DNA 断片が開裂方向と逆向きに合成され，さらに岡崎フラグメントが（　　　　　　　　）によって連結することで，不連続に新生鎖が合成される。このような新生鎖を（　　　　　　）という。



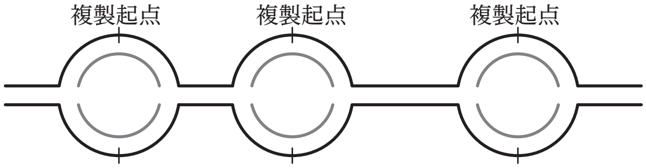
Chapter3　原核生物と真核生物の違い

◆ DNAの形状と複製起点

	DNA の形状	複製起点
原核生物	環状	1 個
真核生物	線状	複数個



原核生物の DNA 複製



真核生物の DNA 複製

まとめ

・ DNA は，DNA ポリメラーゼによって半保存的に複製される。

・複製が進む場では，新生される DNA 鎖にはリーディング鎖とラギング鎖がある。

Chapter4　演習問題

問　DNA が複製される際には，複製開始点に酵素 A が結合して塩基間の（　ア　）結合が切られ，二重らせん構造がほどかれる。次に，鋳型鎖の複製開始部に相補的な短い（　イ　）鎖が合成される。この短い（　イ　）鎖は（　ウ　）とよばれ，酵素 B のはたらきにより（　ウ　）に次々とヌクレオチドが結合し，新しい鎖が伸長する。DNA の 2 本のヌクレオチド鎖は逆向きに配列しているので，複製時の開裂部分で新たに合成されるヌクレオチド鎖では，一方は開裂が進む方向と同じ向きに連続的に合成され，他方は開裂が進む方向と逆向きに不連続に合成される。このときに，連続的に合成される鎖を（　エ　）鎖といい，不連続に合成される鎖を（　オ　）鎖という。（　オ　）鎖は，短いヌクレオチド鎖が酵素 C のはたらきにより連結されることで合成される。

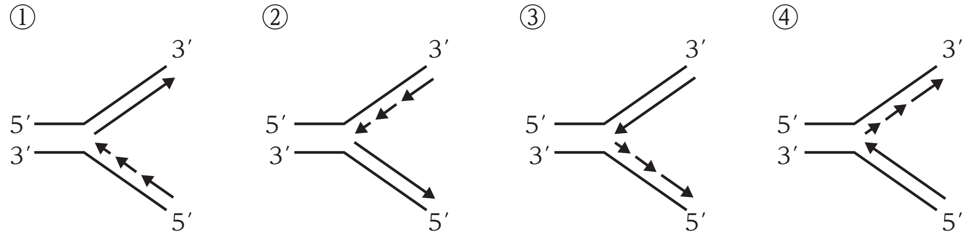
(1)　文中の（　ア　）～（　オ　）に当てはまる最も適切な語を，次の①～⑨のうちから 1 つずつ選べ。

① DNA　② RNA　③ 岡崎フラグメント
④ 水素　⑤ 炭素　⑥ 窒素
⑦ プライマー　⑧ ラギング　⑨ リーディング

(2)　酵素 A ～酵素 C の名称として最も適切なものを，次の①～⑤のうちから 1 つ選べ。

① ATP 合成酵素　② DNA ヘリカーゼ　③ DNA リガーゼ
④ ルビスコ　⑤ DNA ポリメラーゼ

(3)　次の①～④の図は，鋳型の 2 本鎖 DNA が部分的にほどけて 1 本鎖になり，DNA 合成が起こっている部分の模式図であり，矢印の向きは新しく合成される鎖の合成方向を示している。合成の方向と（　エ　）鎖，（　オ　）鎖の組み合わせが正しいものを，①～④のうちから 1 つ選べ。



第 8 講　PART2　確認問題

問 1　DNA の複製過程では，まず，（　ア　）という酵素により，二重らせん構造がほどかれる。次に，それぞれの鎖に，複製の起点となるプライマーが合成される。（　イ　）という酵素によって，プライマーの（　ウ　）側で鋳型鎖の塩基に相補的な塩基をもつヌクレオチドが結合されていく。複製の結果，生じた 2 組の 2 本鎖 DNA はともに，一方が鋳型となった古いヌクレオチド鎖であり，もう一方が (a)新生されたヌクレオチド鎖となる。このような複製様式を（　エ　）という。

(1)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　DNA リガーゼ　　②　DNA ヘリカーゼ
③　DNA ポリメラーゼ　　④　ルビスコ

(2)　文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　DNA リガーゼ　　②　DNA ヘリカーゼ
③　DNA ポリメラーゼ　　④　ルビスコ

(3)　文中の（　ウ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　3′末端　　②　5′末端　　③　複製起点

(4)　下線部 (a) について，新生される DNA 鎖のうち，DNA がほどけていく方向に連続的に合成される新生鎖の名称として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　リーディング鎖　　②　ラギング鎖
③　ポリペプチド鎖

(5) 文中の（　エ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 減数分裂　② 置換

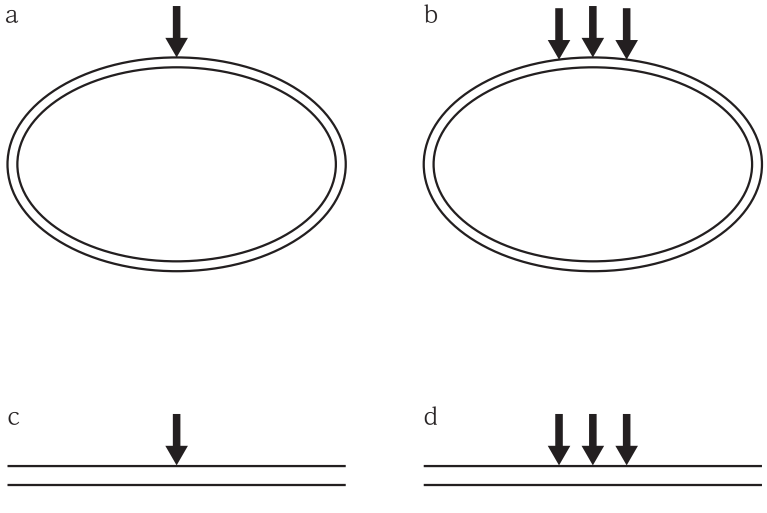
③ 半保存的複製　④ フレームシフト

(6) DNA の開裂方向の逆向きにしか新生鎖を伸長できない鋳型鎖では，DNA 断片が合成されるが，この DNA 断片のことを何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 一塩基多型　② 対立遺伝子

③ 岡崎フラグメント　④ ヒストン

問2 原核生物と真核生物とでは DNA の形状や複製起点が異なる。原核生物の DNA 複製を表した図として最も適当なものを，後の①～④のうちから一つ選べ。ただし，二重線は DNA を，矢印の場所は複製起点を表すものとする。



① a　② b　③ c　④ d

第 9 講　遺伝情報の発現

PART1　遺伝子の発現―転写

目標
・遺伝情報の発現の過程の概要を理解する。
・転写とスプライシングの過程を把握する。

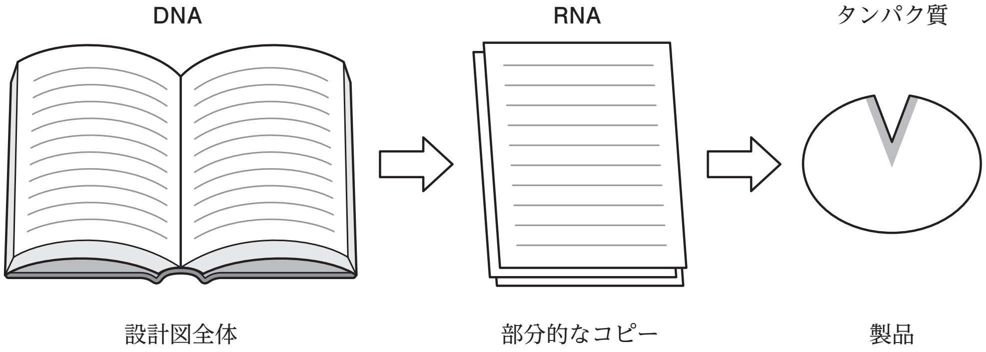
Chapter1　遺伝情報の流れ

◆ セントラルドグマ

遺伝情報は，DNA の塩基配列として存在しており，遺伝情報にもとづいてタンパク質が合成される過程を，“ 遺伝子が（　　　　　）する ” という。遺伝子の発現の過程は，次の 2 段階に分けることができる。

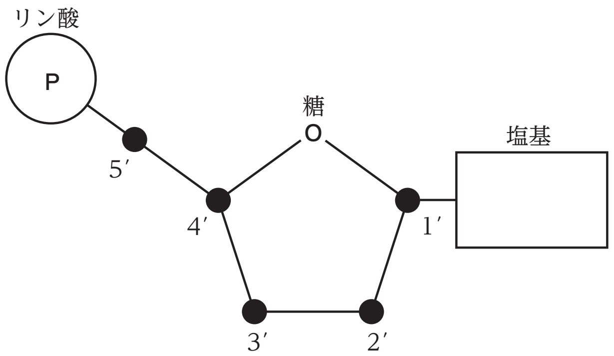
（　　　　　）：DNA と相補的な塩基配列をもつ RNA が合成される。
（　　　　　）：RNA の情報にもとづいてタンパク質が合成される。

このような遺伝情報の流れは，（　　　　　　　　　　）とよばれる。



◆ RNA（リボ核酸）

RNA は DNA と同じ核酸の一種であり，構成単位は DNA と同様にヌクレオチドであるが, 構成成分の一部が異なる。RNA に含まれる糖は（　　　　　）であり, 塩基には, アデニン,（　　　　　），グアニン，シトシンの 4 種類がある。RNA は通常 1 本鎖で存在する。



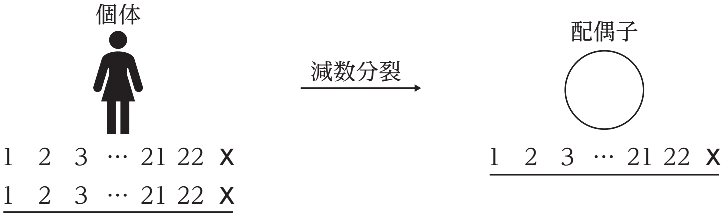
	糖	塩基	構造
DNA	デオキシリボース	A，T，G，C	二重らせん構造
RNA	リボース	A，U，G，C	一本鎖構造

生体内で機能する RNA には，mRNA（伝令 RNA）などがあり，遺伝子が発現する際に，DNA とタンパク質の間で情報を媒介する。

◆ ゲノム

生物がもつ遺伝情報の 1 セットを（　　　　　）といい，真核生物では卵や精子などの配偶子に含まれる遺伝情報がゲノムとなる。ゲノムの大きさや含まれる遺伝子数は種によって異なる。

	ゲノムの大きさ（塩基対数）	遺伝子数
ヒト	30 億	20000
大腸菌	460 万	4400



Chapter2　転写とスプライシング

◆ 転写（DNA→RNA）

遺伝子が発現する際，まずは DNA の塩基配列が，RNA の塩基配列に変換される。この過程を（　　　　）といい，DNA の一方の鎖の塩基配列と相補的な塩基配列をもった RNA が合成される。

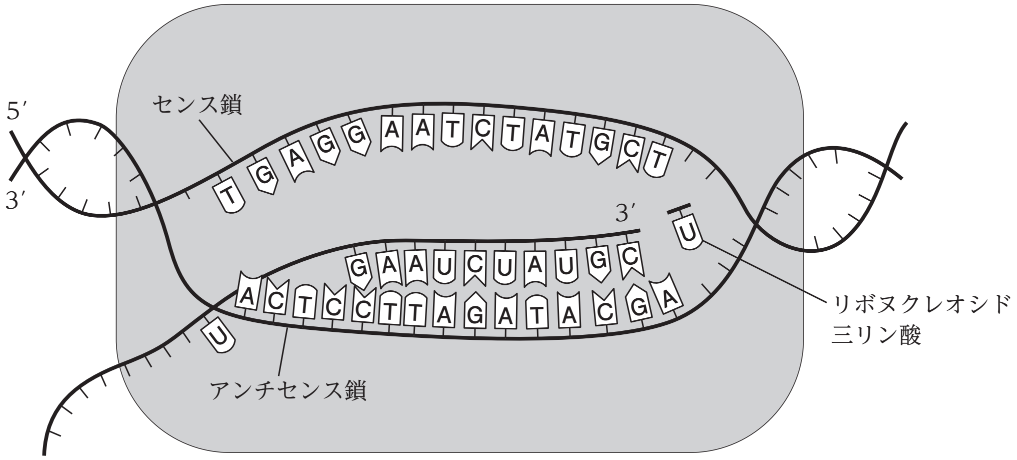
・転写の過程

① 発現する遺伝子の転写開始点の近くにある（　　　　　　　　）とよばれる領域に，RNA 合成酵素である（　　　　　　　　　　）が結合することで，遺伝子領域の 2 本鎖 DNA がほどけて，一本鎖となる。

② ほどけた鎖の一方が鋳型鎖となり，鋳型鎖の塩基に対して相補的な塩基をもつヌクレオチドが塩基間で水素結合によって結合する。

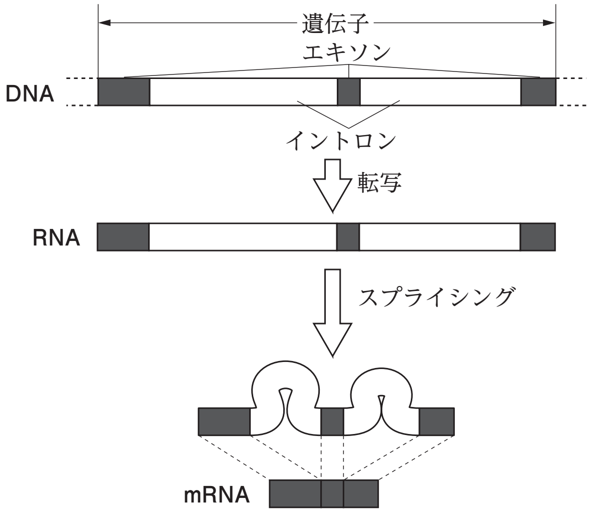
DNA（鋳型鎖）	A	T	G	C
↓	↓	↓	↓	↓
RNA	U	A	C	G

③ 隣り合うヌクレオチドが RNA ポリメラーゼによって連結されることで，DNA の一方の鎖の塩基配列を写し取った一本鎖 RNA ができる。DNA の二本鎖のうち転写の際，鋳型となった DNA 鎖をアンチセンス鎖，鋳型とならなかった DNA 鎖をセンス鎖という。



◆ スプライシング

真核生物の遺伝子領域には，転写されるが翻訳されない配列の（　　　　　　　）と，転写されて翻訳される配列の（　　　　　　）がある。真核細胞の核内で転写された RNA からイントロンの領域が除かれてエキソンの領域が連結されることで（　　　　　）がつくられる。この過程を（　　　　　　　　）という。mRNA は核膜孔を通り細胞質へと移動する。



一部の遺伝子では，イントロンだけでなく一部のエキソンが選択的に取り除かれる場合がある。どのエキソンが取り除かれるかは，条件によって異なるため，同じ RNA から多様な mRNA が合成されることになる。このような過程は，（　　　　　）スプライシングという。

まとめ

・遺伝子の発現の過程は，転写と翻訳の 2 段階からなる。
・転写では DNA と相補的な塩基配列をもつ RNA が合成される。

Chapter3　演習問題

問１　ある２本鎖 DNA の構造を図１に示した。①～⑤にあてはまる塩基として正しいものをそれぞれ答えよ。

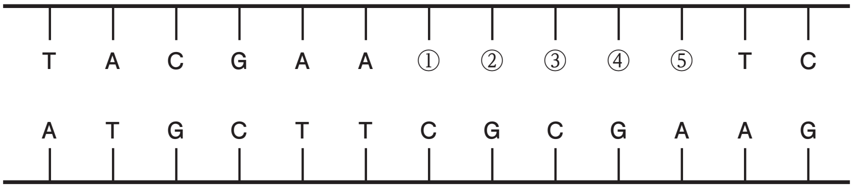


図１

問２　ある DNA とそこから転写される mRNA を図２に示した。⑥～⑩にあてはまる塩基として正しいものをそれぞれ答えよ。

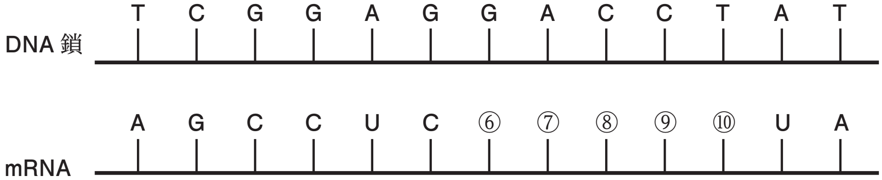


図２

問3　図3について，以下の問いに答えよ。

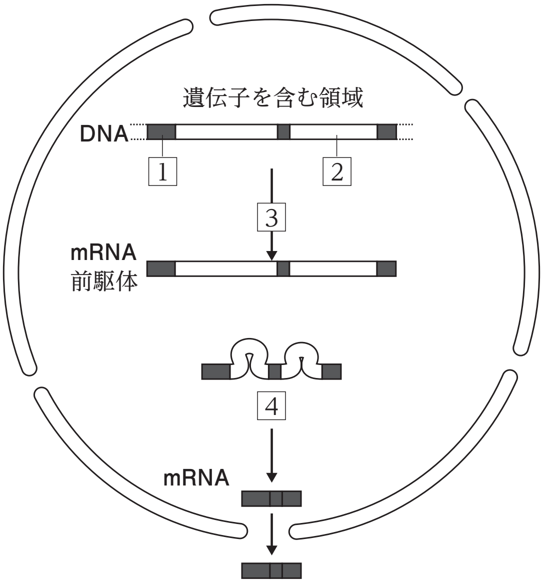


図3

(1)　図3の空欄 [1] ～ [4] に入れる適切な語句の組み合わせを①～⑧からそれぞれ1つ選べ。

	1	2	3	4
①	エキソン	イントロン	翻訳	複製
②	エキソン	イントロン	転写	複製
③	イントロン	エキソン	翻訳	複製
④	イントロン	エキソン	転写	複製
⑤	エキソン	イントロン	翻訳	スプライシング
⑥	エキソン	イントロン	転写	スプライシング
⑦	イントロン	エキソン	翻訳	スプライシング
⑧	イントロン	エキソン	転写	スプライシング

(2)　次のア～エの語句のうち，図3と関連の深い語句の正しい組み合わせを①～④から1つ選べ。

ア　原核細胞　　イ　真核細胞　　ウ　核　　エ　細胞質

①ア，ウ　　②ア，エ　　③イ，ウ　　④イ，エ

第 9 講　PART1　確認問題

問 1　遺伝子の発現の過程は，DNA と相補的な塩基配列をもつ (a)RNA が合成される（　ア　）と，RNA の塩基配列がアミノ酸配列へと置き換えられる（　イ　）の 2 段階に分けることができる。

(1)　下線部 (a) について，RNA に含まれる糖は何か。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　リボース　　②　デオキシリボース
③　アデニン　　④　ウラシル

(2)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　鋳型　　②　置換
③　転写　　④　翻訳

(3)　文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　鋳型　　②　置換
③　転写　　④　翻訳

(4)　遺伝情報は DNA → RNA →タンパク質の順に一方向に伝達される。このような遺伝情報の流れを何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　イントロン　　②　セントラルドグマ
③　フレームシフト　　④　スプライシング

問 2　転写では，まず発現する遺伝子領域の転写開始点の近くに存在する（　ア　）とよばれる領域に，RNA 合成酵素の（　イ　）が結合することで，遺伝子領域の 2 本鎖 DNA がほどけて 1 本鎖となる。そして，ほどけた鎖の一方が (a)鋳型鎖となり，鋳型鎖の塩基に対して相補的な塩基をもつヌクレオチドが，塩基間で結合する。さらに，隣り合うヌクレオチドが（　イ　）によって連結されることで，DNA の塩基配列を写し取った 1 本鎖 RNA ができる。

(1)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　プライマー　　②　イントロン
③　プロモーター　　④　エキソン

(2)　文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　DNA リガーゼ　　②　DNA ポリメラーゼ
③　RNA リガーゼ　　④　RNA ポリメラーゼ

(3)　下線部 (a) について，鋳型となった DNA 鎖を何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　センス鎖　　②　アンチセンス鎖
③　リーディング鎖　　④　ラギング鎖

問 3　真核生物の遺伝子では，DNA の塩基配列に，転写されるが翻訳されない配列がある。この配列を何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　スプライシング　　②　イントロン
③　ゲノム　　④　エキソン

PART2　遺伝子の発現―翻訳

目標
・翻訳の過程を把握する。
・真核生物と原核生物の転写と翻訳の違いを理解する。

Chapter1　翻訳

◆ タンパク質合成とRNA

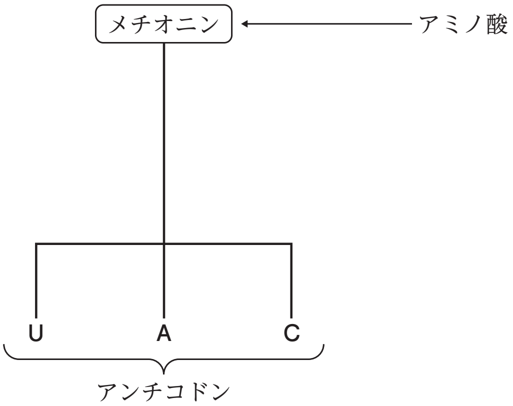
タンパク質合成に関わるRNAには，次の３種類がある。

・mRNA（伝令RNA）：

それぞれの遺伝子領域から転写・スプライシングの過程を経て合成される。３塩基の配列である（　　　　　）によって１つのアミノ酸を指定することで，合成されるタンパク質のアミノ酸配列の情報を伝える。

・（　　　　　）（転移RNA）：

コドンに対応する塩基配列である（　　　　　　　　）と，特定のアミノ酸と結合する部位をもち，リボソームまでアミノ酸を運ぶ役割をもつ。



・（　　　　　）（リボソームRNA）：

タンパク質合成の場となるリボソームを構成する。リボソームは，rRNAとタンパク質でできている。

◆ 翻訳（mRNA→タンパク質）

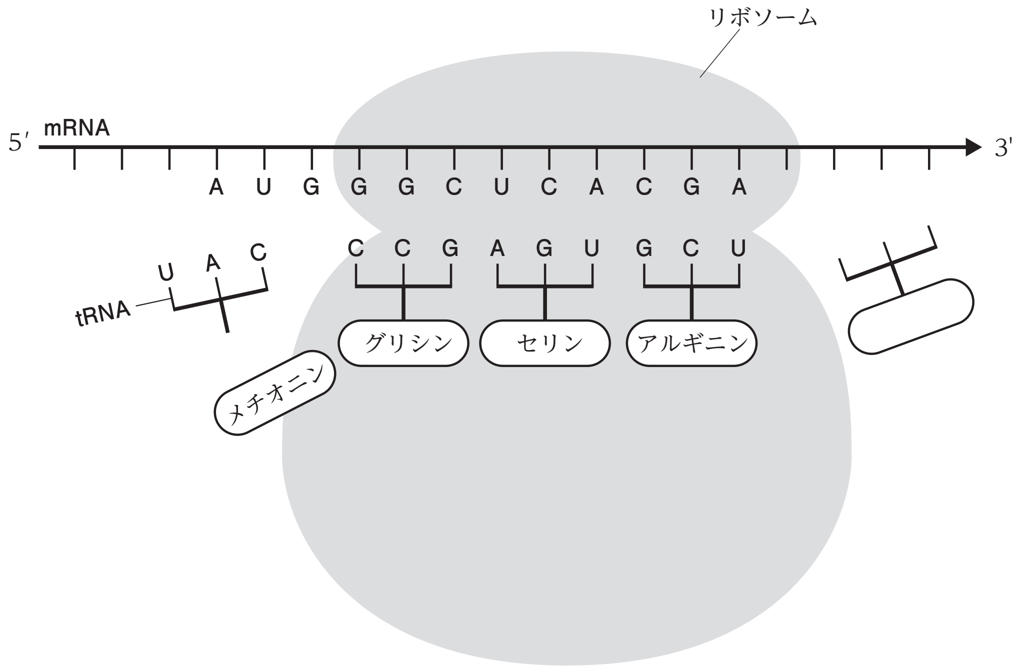
転写で合成されたmRNAの塩基配列にもとづいてタンパク質が合成される。この過程を（　　　　）といい，mRNAの塩基３つの配列によって１つのアミノ酸が指定され，特定のアミノ酸配列をもったタンパク質が合成される。

・翻訳の過程

① 転写で合成されたmRNAにリボソームが結合し，mRNAの３つ組塩基であるコドンに対して，tRNAがアンチコドンの部分で連結する。

② tRNAによって，コドンに対応した特定のアミノ酸がリボソームまで運ばれる。

③ tRNAによって運ばれてきたアミノ酸どうしが（　　　　　　）結合で連結することで，ポリペプチド（タンパク質）が合成される。



Chapter2　コドンとアミノ酸の対応関係

◆ コドン表

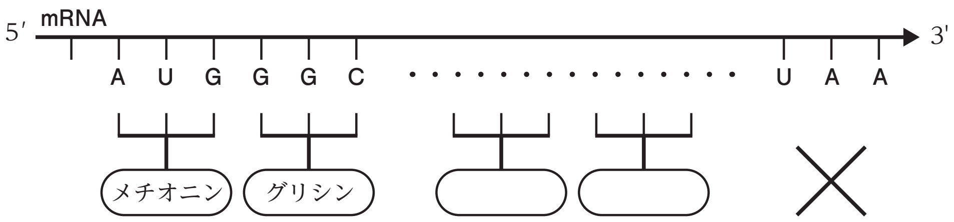
コドンは，4 種類の塩基の 3 つ組であるため，4^3 =（　　　）種類ある。一方で，タンパク質の合成に利用されるアミノ酸は（　　　）種類しかない。そのため，複数のコドンが，同じアミノ酸に対応する場合がある。

コドンとアミノ酸の対応関係は，コドン表にまとめられている。

1番目の塩基	2番目の塩基 U	2番目の塩基 C	2番目の塩基 A	2番目の塩基 G	3番目の塩基
U	UUU フェニルアラニン	UCU セリン	UAU チロシン	UGU システイン	U
U	UUC フェニルアラニン	UCC セリン	UAC チロシン	UGC システイン	C
U	UUA ロイシン	UCA セリン	UAA 終止コドン	UGA 終止コドン	A
U	UUG ロイシン	UCG セリン	UAG 終止コドン	UGG トリプトファン	G
C	CUU ロイシン	CCU プロリン	CAU ヒスチジン	CGU アルギニン	U
C	CUC ロイシン	CCC プロリン	CAC ヒスチジン	CGC アルギニン	C
C	CUA ロイシン	CCA プロリン	CAA グルタミン	CGA アルギニン	A
C	CUG ロイシン	CCG プロリン	CAG グルタミン	CGG アルギニン	G
A	AUU イソロイシン	ACU トレオニン	AAU アスパラギン	AGU セリン	U
A	AUC イソロイシン	ACC トレオニン	AAC アスパラギン	AGC セリン	C
A	AUA イソロイシン	ACA トレオニン	AAA リシン	AGA アルギニン	A
A	AUG 開始コドン メチオニン	ACG トレオニン	AAG リシン	AGG アルギニン	G
G	GUU バリン	GCU アラニン	GAU アスパラギン酸	GGU グリシン	U
G	GUC バリン	GCC アラニン	GAC アスパラギン酸	GGC グリシン	C
G	GUA バリン	GCA アラニン	GAA グルタミン酸	GGA グリシン	A
G	GUG バリン	GCG アラニン	GAG グルタミン酸	GGG グリシン	G

◆ 開始コドンと終止コドン

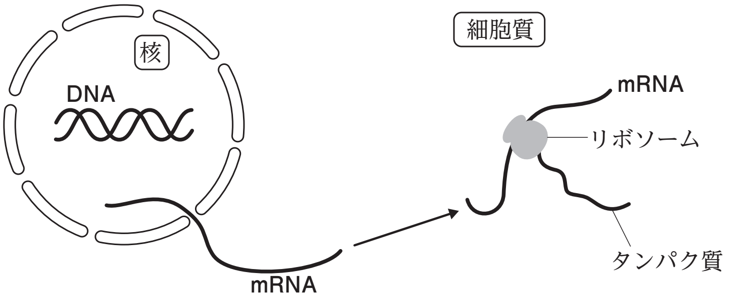
翻訳は mRNA の 5′ 末端側の最初の AUG のコドンに対してメチオニンを指定することから始まる。AUG を（　　　）コドンという。また，UAA，UAG，UGA の 3 種類のコドンはアミノ酸を指定せず，タンパク質合成を停止させる。これらのコドンは（　　　）コドンとよばれる。

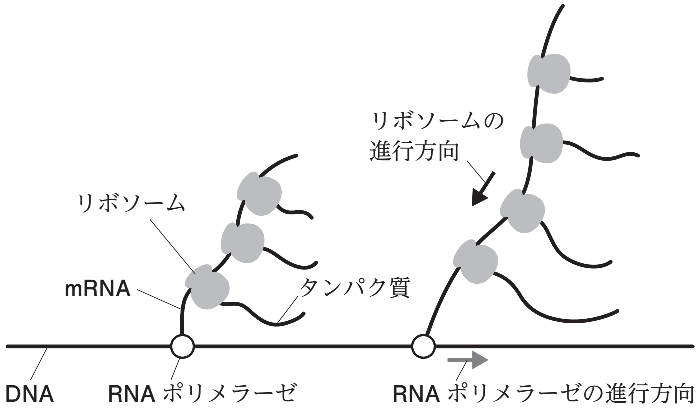


Chapter3　真核生物と原核生物の遺伝子発現

◆ 遺伝子発現の違い

	転写	スプライシング	翻訳
真核生物	核内	あり	細胞質
原核生物	細胞質	なし	細胞質





まとめ

・ mRNA の 3 つ組塩基であるコドンによって特定のアミノ酸が指定されることで，タンパク質が合成される。

・真核生物では転写が核内，翻訳が細胞質で行われるのに対して，原核生物では転写も翻訳も細胞質で行われる。

Chapter4　演習問題

問　タンパク質を構成するアミノ酸は，3つの塩基の組であるコドンによって指定される。遺伝暗号表は，mRNA のコドンに対応するアミノ酸の種類を示している。

1番目の塩基	2番目の塩基 U	2番目の塩基 C	2番目の塩基 A	2番目の塩基 G	3番目の塩基
U	UUU フェニルアラニン	UCU セリン	UAU チロシン	UGU システイン	U
U	UUC	UCC	UAC	UGC	C
U	UUA ロイシン	UCA	UAA 終止コドン	UGA 終止コドン	A
U	UUG	UCG	UAG	UGG トリプトファン	G
C	CUU ロイシン	CCU プロリン	CAU ヒスチジン	CGU アルギニン	U
C	CUC	CCC	CAC	CGC	C
C	CUA	CCA	CAA グルタミン	CGA	A
C	CUG	CCG	CAG	CGG	G
A	AUU イソロイシン	ACU トレオニン	AAU アスパラギン	AGU セリン	U
A	AUC	ACC	AAC	AGC	C
A	AUA	ACA	AAA リシン	AGA アルギニン	A
A	AUG 開始コドン メチオニン	ACG	AAG	AGG	G
G	GUU バリン	GCU アラニン	GAU アスパラギン酸	GGU グリシン	U
G	GUC	GCC	GAC	GGC	C
G	GUA	GCA	GAA グルタミン酸	GGA	A
G	GUG	GCG	GAG	GGG	G

遺伝暗号表

(1)　タンパク質中のアスパラギンがチロシンに変異した際に，コドンの塩基の変化として考えられるものはどれか。正しいものを，次の中から1つ選べ。ただし，1塩基のみが変化したとする。

①U→A　②A→G　③A→U
④C→U　⑤U→C　⑥C→G

(2)　あるmRNAの開始コドン（AUG）を含む部分の塩基配列は次のようであった。

5′－AGGCGUGCAAUGAGGAGGGCAGGUGCUGCCUGCAGCG－3′

開始コドンから翻訳が行われたとき，開始コドンが指定するアミノ酸を1番目とすると5番目のアミノ酸は何か。正しいものを，次の中から1つ選べ。

①グリシン　②アラニン　③メチオニン　④セリン

< Note >

第9講　PART2　確認問題

問１　タンパク質の合成に関わる３種類のRNAのうち，コドンに対応する塩基配列であるアンチコドンと，特定のアミノ酸の結合部位をもち，リボソームまでアミノ酸を運ぶ役割をもつRNAとして最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　mRNA　　②　tRNA　　③　rRNA

問２　翻訳の過程について述べた次の文章（A～C）を，正しい順に並べたものとして最も適当なものを，後の①～④のうちから一つ選べ。

A　アミノ酸どうしがペプチド結合で連結する。

B　コドンが指定したアミノ酸が運搬される。

C　mRNAにリボソームが結合する。

①　A→B→C　　②　B→A→C

③　C→A→B　　④　C→B→A

問3　コドンは64種類存在するが，タンパク質の合成に利用されるアミノ酸は（　ア　）種類である。そのため，複数のコドンが，同じアミノ酸に対応する場合がある。次の表は，コドンとアミノ酸の対応関係をまとめたものである。

1番目の塩基	2番目の塩基 U	2番目の塩基 C	2番目の塩基 A	2番目の塩基 G	3番目の塩基
U	UUU UUC　フェニルアラニン UUA UUG　ロイシン	UCU UCC UCA UCG　セリン	UAU UAC　チロシン UAA UAG　終止コドン	UGU UGC　システイン UGA　終止コドン UGG　トリプトファン	U C A G
C	CUU CUC CUA CUG　ロイシン	CCU CCC CCA CCG　プロリン	CAU CAC　ヒスチジン CAA CAG　グルタミン	CGU CGC CGA CGG　アルギニン	U C A G
A	AUU AUC AUA　イソロイシン AUG　開始コドン メチオニン	ACU ACC ACA ACG　トレオニン	AAU AAC　アスパラギン AAA AAG　リシン	AGU AGC　セリン AGA AGG　アルギニン	U C A G
G	GUU GUC GUA GUG　バリン	GCU GCC GCA GCG　アラニン	GAU GAC　アスパラギン酸 GAA GAG　グルタミン酸	GGU GGC GGA GGG　グリシン	U C A G

(1)　文中の（　ア　）に当てはまる数値として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　4　　②　12　　③　16　　④　20

(2)　あるアミノ酸配列が次の順番で存在したとき，最大で何種類のコドンが考えられるか。最も適当なものを，後の①～④のうちから一つ選べ。

システイン－ロイシン－リシン－バリン

①　24種類　　②　32種類

③　48種類　　④　96種類

問4　真核生物と原核生物のうち，転写も翻訳も細胞質で行われる生物はどちらか。適当なものを，次の①，②のうちから一つ選べ。

①　真核生物　　②　原核生物

PART3　遺伝子の発現調節

目標
・原核生物の遺伝子発現調節の機構を把握する。
・真核生物の遺伝子発現調節の機構を理解する。

Chapter1　原核生物における遺伝子発現調節

◆ 遺伝子の発現調節

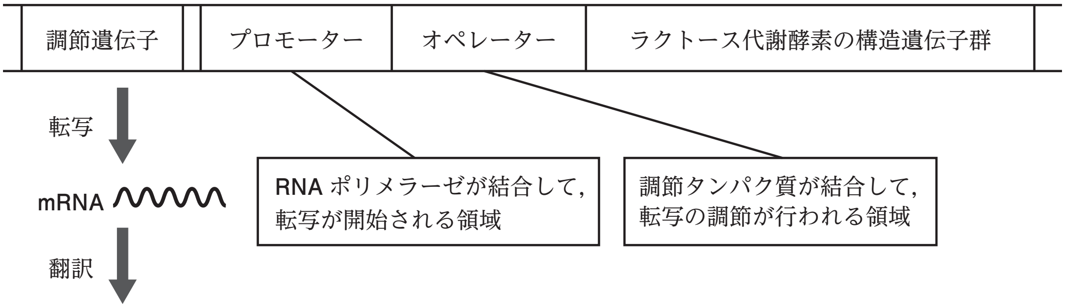
生物は多くの遺伝子をもっているが，すべての遺伝子を常に発現しているわけではない。発生段階や外部条件に応じて，どのような遺伝子が，どの程度発現するかが調節されている。

◆ 原核生物の遺伝子発現調節

(　　　　　　　　)：酵素などのタンパク質のアミノ酸配列の情報をもつ遺伝子。
(　　　　　　　　)：他の遺伝子の転写を調節する (　　　　　　　　) の遺伝子。
・転写を促進する調節タンパク質＝アクチベーター
・転写を抑制する調節タンパク質＝ (　　　　　　　　)
(　　　　　　　　)：調節タンパク質が結合して，転写の調節が行われる領域。
原核生物では，オペレーターとよばれる。

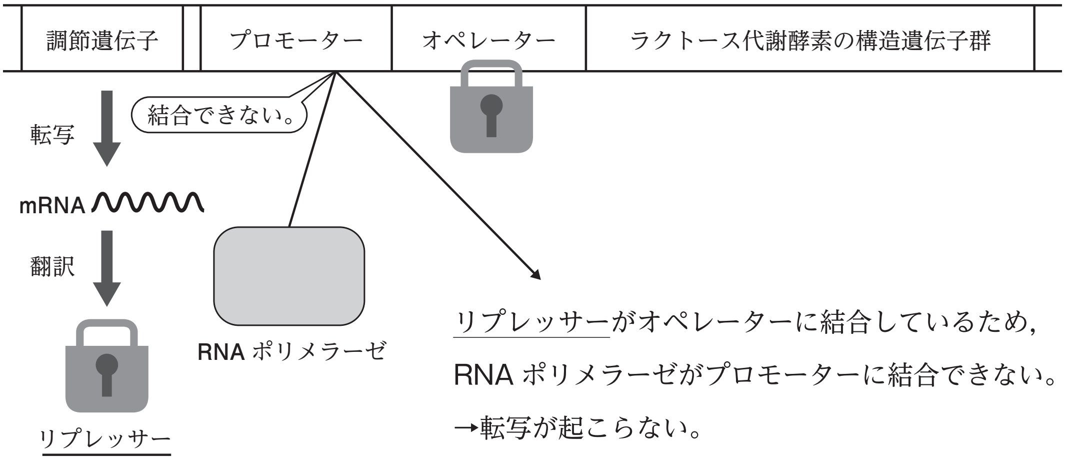
例 大腸菌のラクトース代謝酵素の合成調節

大腸菌がラクトースを分解しエネルギー源として利用するためには，3 つの酵素が必要となる。



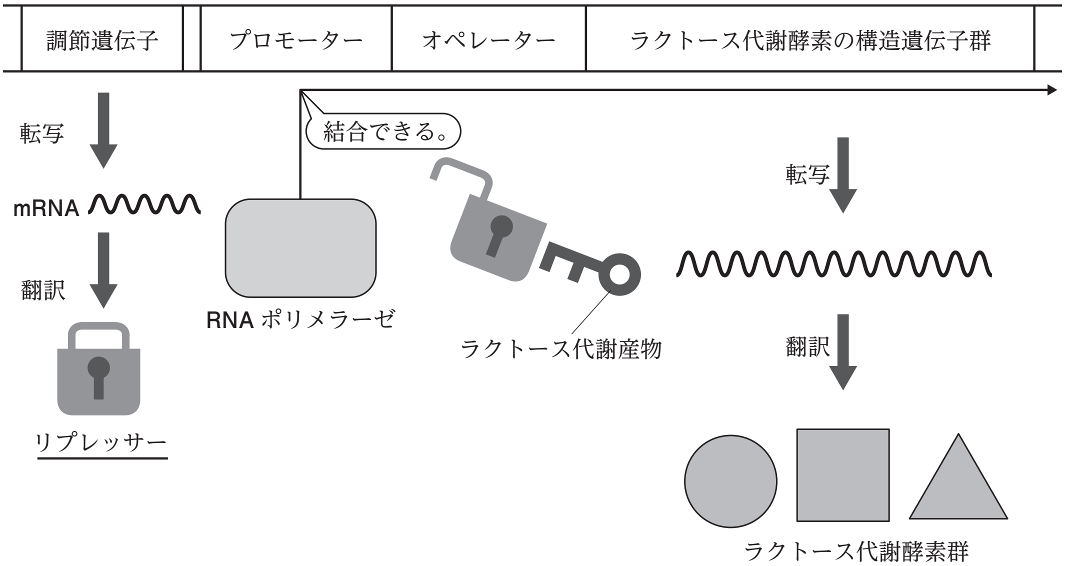
原核生物では，機能的に関連しているタンパク質の遺伝子は DNA 上で隣接して存在する。このような構造遺伝子のまとまりを，(　　　　　　　　) という。

・培地にラクトースがない場合



リプレッサーがオペレーターに結合しているため，RNA ポリメラーゼがプロモーターに結合できない。
→転写が起こらない。

・培地にグルコースがなく，ラクトースがある場合

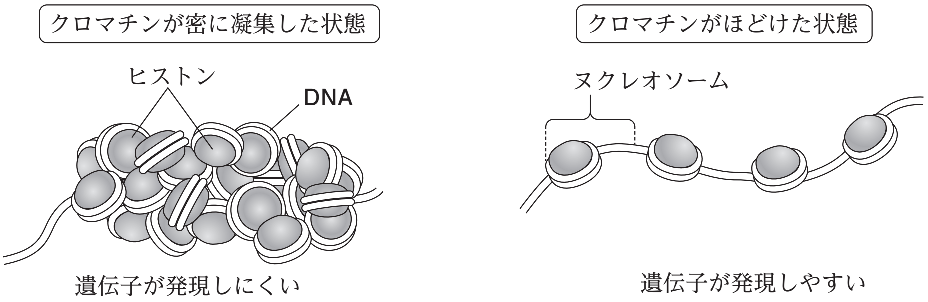


ラクトース代謝産物がリプレッサーに結合すると，リプレッサーの立体構造が変化してオペレーターから離れる。その結果，RNA ポリメラーゼがプロモーターに結合できるようになる。
→転写が起こる。

Chapter2　真核生物のおける遺伝子発現調節

◆ クロマチンの状態による調節

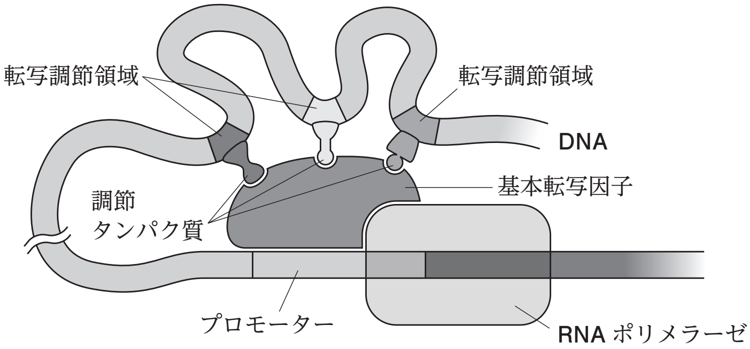
真核生物の DNA は，核内で（　　　　　　）などのタンパク質とともに折りたたまれて（　　　　　　　）とよばれる構造を形成している。クロマチンの状態に応じて，遺伝子の発現のしやすさは変化する。



◆ 調節タンパク質による調節

真核生物では，1 つの構造遺伝子ごとに RNA ポリメラーゼが（　　　　　　　　）と転写複合体を形成してプロモーターに結合することで転写は始まる。

さらに，目的の遺伝子から離れた位置に転写調節領域があり，この領域に結合した調節タンパク質が転写複合体に作用することで転写が調節される。



まとめ

・原核生物の遺伝子発現は，オペロンを単位として，調節タンパク質によって転写が調節される。

・真核生物の遺伝子発現には基本転写因子が必要であり，1 つの構造遺伝子ごとに複数の調節タンパク質によって転写が調節される。

Chapter3　演習問題

問１　以下の文を読み，（　ア　）～（　ウ　）に適切な語句を答えよ。また，下線 a，b の（　　　）内から適切なものを選べ。

大腸菌は通常グルコースを栄養源としているが，グルコースがなく，ラクトースを含む培地で培養すると，これを栄養源として生命活動に利用するようになる。グルコースを栄養源にしているときは，調節遺伝子の産物である（　ア　）が合成され，（　ア　）が DNA の（　イ　）とよばれる領域と a（結合・解離）している状態にある。しかし，ラクトースがあるときには，ラクトースから誘導された物質と（　ア　）が結合するため，（　ア　）と（　イ　）は b（結合・解離）する。このように（　イ　）により遺伝子発現が調節されている遺伝子群を（　ウ　）といい，このしくみは Jacob と Monod により提唱された。

問２　次の文中の空欄（　ア　）～（　エ　）に入る語句として最も適当なものを，下の①～⑨のうちから一つずつ選べ。

真核生物の DNA は（　ア　）タンパク質に巻きついて（　イ　）という構造をとっている。さらに（　イ　）が折りたたまれて（　ウ　）繊維という構造をとっている。このような状態では RNA ポリメラーゼが DNA に結合できず，転写されることはない。したがって，転写される領域では（　ウ　）繊維の高次構造がゆるんでいる必要がある。

真核生物では，プロモーター領域に RNA ポリメラーゼだけでなく（　エ　）というタンパク質が結合し，複合体を形成することが必要である。転写調節領域はプロモーターや遺伝子から離れた位置にあり，この領域に調節タンパク質が結合する。このタンパク質が作用することで転写が調節されている。

① 基本転写因子　② ヒスチジン　③ ヌクレオソーム
④ オペレーター　⑤ クロマチン　⑥ DNA ヘリカーゼ
⑦ ヌクレオチド　⑧ ヒストン　⑨ リプレッサー

第 9 講　PART3　確認問題

問 1　原核生物の遺伝子発現では，（　ア　）を単位として，調節タンパク質によって転写が調節される。例えば，ラクトース（　ア　）では，ラクトースがない場合，（　イ　）とよばれる転写調節領域に，リプレッサーが結合しているため，RNA ポリメラーゼが（　ウ　）に結合できず，転写が起こらない。一方，グルコースがなくラクトースがある場合，リプレッサーにラクトース代謝産物が結合して，リプレッサーが（　イ　）から離れるので，RNA ポリメラーゼが（　ウ　）に結合して，転写が起こる。

(1)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　シャペロン　　②　オペロン
③　ポンプ　　④　チャネル

(2)　文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　オペレーター　　②　プライマー
③　プロモーター　　④　イントロン

(3)　文中の（　ウ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　オペレーター　　②　プライマー
③　プロモーター　　④　イントロン

問２　真核生物のDNAは，ヒストンなどのタンパク質とともに折りたたまれて（　ア　）を形成している。転写が行われるとき，この折りたたみがゆるみ，RNAポリメラーゼが（　イ　）と転写複合体を形成して，プロモーターに結合することで，転写が開始される。

⑴　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　ヌクレオチド　　②　クロマチン
③　オペロン　　④　プライマー

⑵　文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　基本転写因子　　②　調節タンパク質
③　調節遺伝子　　④　構造遺伝子

第10講　動物の発生

PART1　動物の配偶子形成と受精

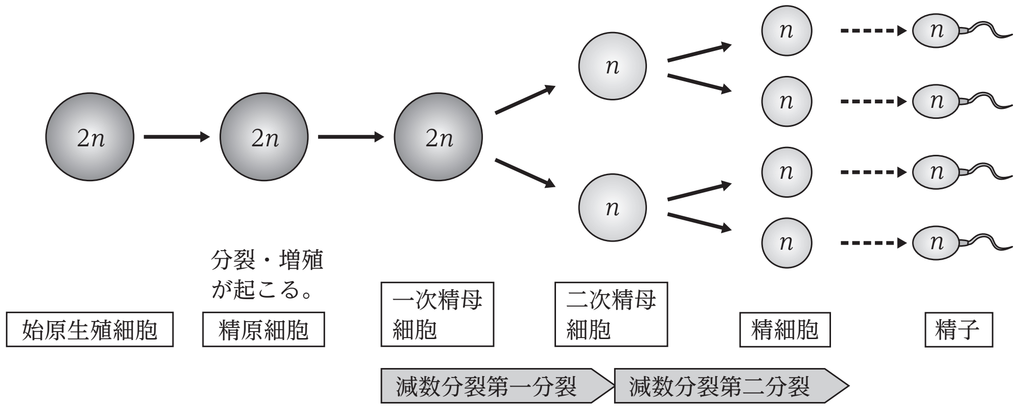
目標
- 精子の形成過程と構造を理解する。
- 卵の形成過程と構造を理解する。

Chapter1　動物の配偶子形成

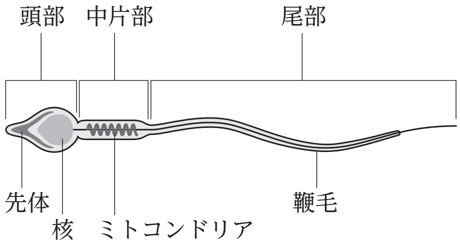
精子や卵などの動物の配偶子は，発生の早い段階で分化する（　　　　　　　　）に由来する。

◆ 精子の形成

動物の雄では，始原生殖細胞が精巣に移動し，（　　　　　　　）に分化する。精巣内では精原細胞が体細胞分裂を繰り返しており，その一部が成熟して（　　　　　　　　）となる。一次精母細胞が減数分裂第一分裂によって２個の（　　　　　　　　）となり，さらに続く第二分裂によって合わせて４個の（　　　　　）が生じる。精細胞は形を変えて（　　　　）となる。



◆ 精子の構造



先体：

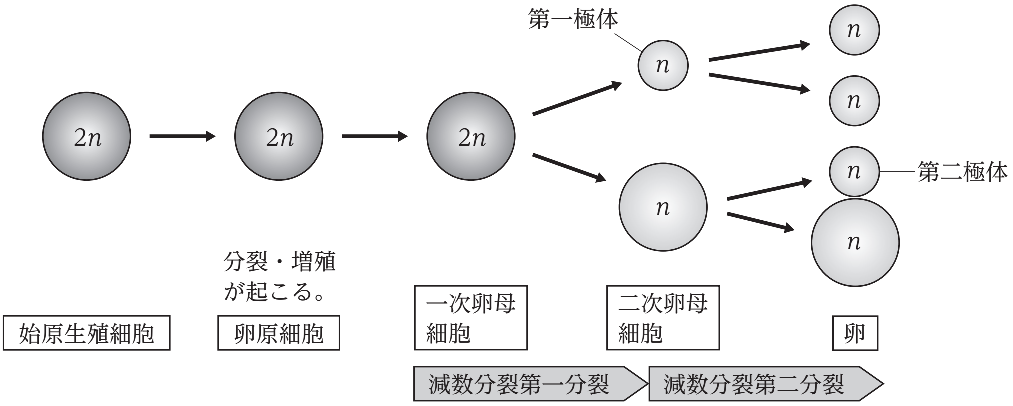
ゴルジ体に由来する構造。受精を促す反応を行う。

ミトコンドリア：

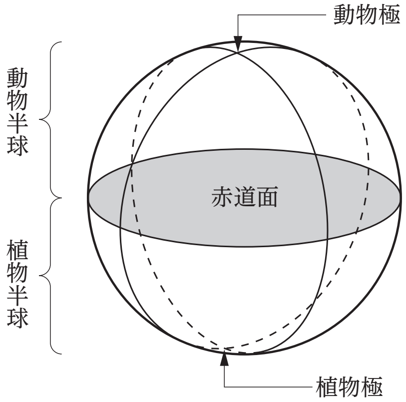
精子の鞭毛運動に必要なエネルギーをつくり出す。

◆ 卵の形成

動物の雌では，始原生殖細胞が卵巣に移動し，（　　　　　　　）に分化する。卵原細胞は体細胞分裂によって数を増やし，その一部が成熟して（　　　　　　　）となる。一次卵母細胞は卵黄やリボソーム，mRNA などを蓄積し，十分に成長している。一次卵母細胞が減数分裂第一分裂によって大きな（　　　　　　　）と小さな第一極体に分かれ，さらに続く第二分裂によって二次精母細胞が大きな（　　　）と小さな第二極体に分かれる。



◆ 卵の構造



動物極：

卵形成の過程で，極体を生じた領域。

植物極：

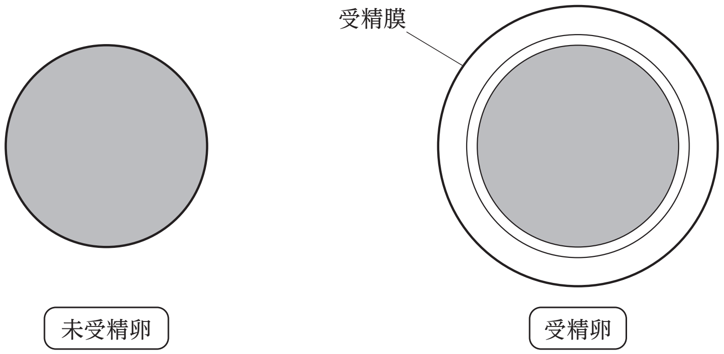
動物極の反対側。

Chapter2　受精

◆ 受精

卵と精子が接触し，卵と精子の核が融合する過程を（　　　　　）という。受精の結果，生じる細胞は受精卵という。

受精の結果，卵を包む卵黄膜が（　　　　　　）に変化する。受精膜によって，他の精子が卵内に進入することを防いでいる。

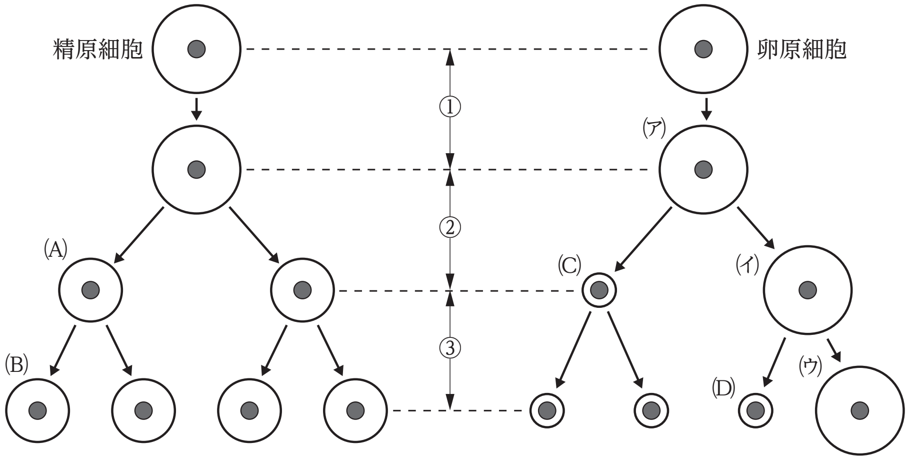


まとめ

- 動物の配偶子形成では，減数分裂によって雄では精子が，雌では卵が形成される。
- 精子と卵の受精によって生じる受精卵には，複数の精子の進入を防ぐしくみがある。

Chapter3　演習問題

問　下図は，動物の配偶子形成の過程を模式的に示したものである。以下の問いに答えよ。



⑴　図中の (A) ～ (D) の細胞の名称をそれぞれ答えよ。

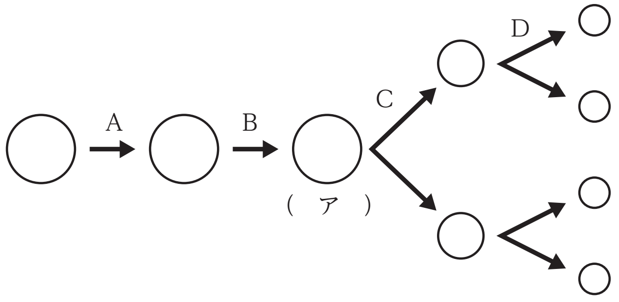
⑵　図中の (ア) ～ (ウ) の細胞の核相をそれぞれ答えよ。

⑶　図中の矢印で示した①～③の過程のうち, 減数分裂が行われている過程をすべて選び, 記号で答えよ。

⑷　1000 個の精子と 100 個の卵をつくるためには，何個の一次精母細胞または一次卵母細胞が必要となるか，それぞれの個数を答えよ。

第 10 講　PART1　確認問題

問１　次の図は，動物の精子の形成を模式的に表したものである。この図について，後の問いに答えよ。



(1)　図中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　一次精母細胞　　②　始原生殖細胞
③　精原細胞　　④　精細胞

(2)　図のＡ～Ｄの過程のうち，核相が $2n$ から n になる過程として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　A　　②　B
③　C　　④　D

(3)　図のＡ～Ｄの過程のうち，減数分裂第二分裂として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　A　　②　B
③　C　　④　D

(4)　精子を構成する細胞内の構造物として**適当でないもの**を，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　ミトコンドリア　　②　核
③　中心体　　④　小胞体

問２　動物の卵の形成では，まず始原生殖細胞が卵巣に移動した後，(　ア　)に分化する。(　ア　)は (a)分裂によって増殖し，その一部が成熟して一次卵母細胞となる。そして，一次卵母細胞は (b)分裂によって二次卵母細胞と第一極体に分かれ，さらに続く (c)分裂では，二次卵母細胞が卵と第二極体に分かれる。

(1)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　核　　②　卵原細胞

③　一次精母細胞　　④　動物極

(2)　下線部 (a) ～ (c) について，分裂後の細胞の核相が n であるものはどれか。それを過不足なく含むものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　(a)，(b)　　②　(a)，(c)

③　(b)，(c)　　④　(a)，(b)，(c)

問３　受精では，卵と精子の核が融合して受精卵を生じる。受精卵には，複数の精子の進入を防ぐために，ある膜が形成される。この膜の名称として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　卵黄膜　　②　細胞膜

③　網膜　　④　受精膜

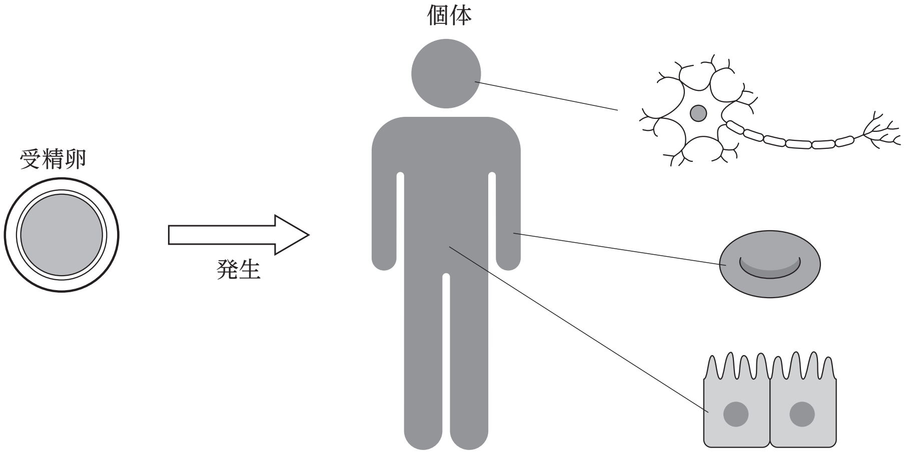
PART2　カエルの発生

目標
・発生と遺伝子の大まかな関係を理解する。
・カエルの発生の基本的な流れを把握する。

Chapter1　発生と分化

◆ 発生と分化, 遺伝子の関係

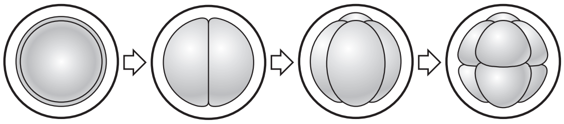
受精卵が体細胞分裂を繰り返して増えていった細胞は，徐々に特定の形やはたらきをもった細胞に変化していく。この過程を細胞の（　　　　）といい，分化を経て受精卵から個体が形成される過程を（　　　　）という。



体細胞分裂で増えた細胞はどれも同じ遺伝情報をもつが，細胞の種類によって発現する遺伝子が異なるため，分化が起こる。

◆ 発生の特徴

（　　　　）：発生初期の体細胞分裂。
（　　　　）：卵割の結果生じた細胞。

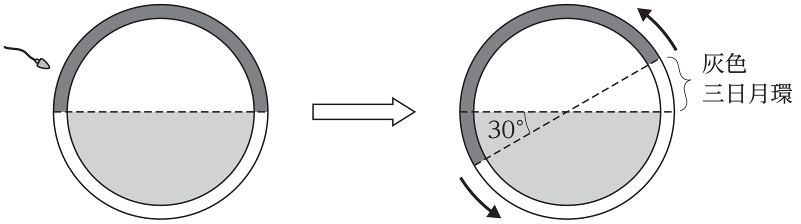


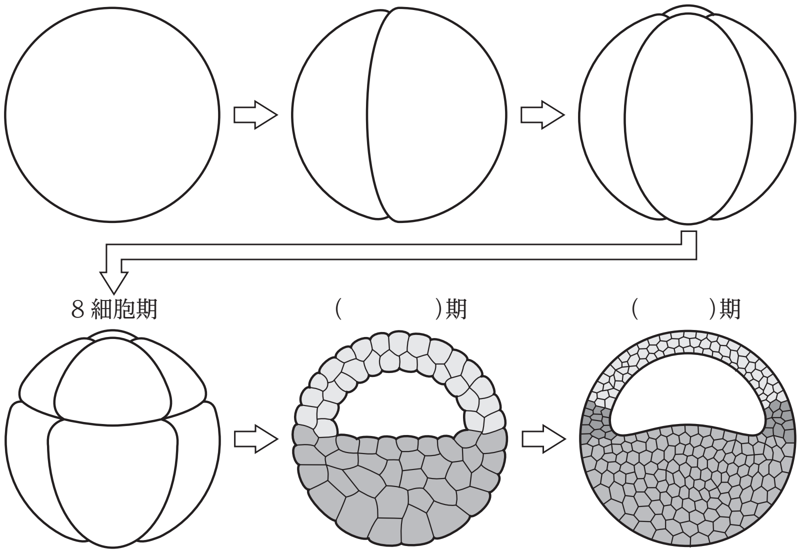
卵割は，通常の体細胞分裂とは以下の点で異なる。
・間期が短く，細胞周期のペースが速い。
・割球が成長しないまま次の分裂が起こるため，割球は徐々に小さくなる。
・それぞれの細胞（割球）が同調して分裂する。

Chapter2　カエルの発生（受精から原腸胚）

◆ 受精から胞胚まで

カエルの受精では，卵の動物半球に精子が進入することで卵の表層が約 30° 回転する（　　　　　　）が起こる。表層回転によって，精子の進入点の反対側に周囲と色が異なる（　　　　　　　　）が生じる。灰色三日月環は将来背側の構造へと分化する。



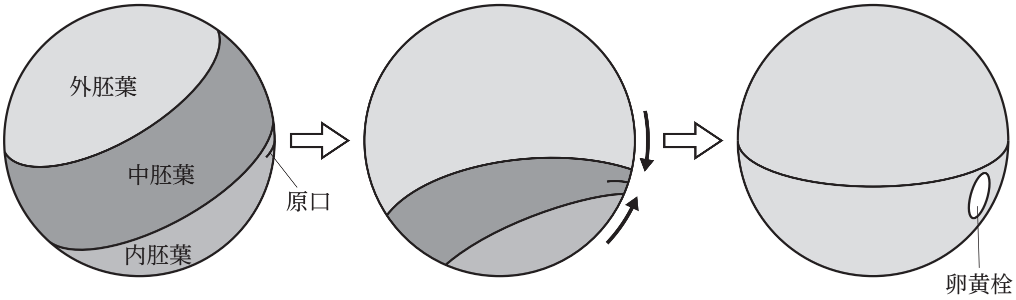


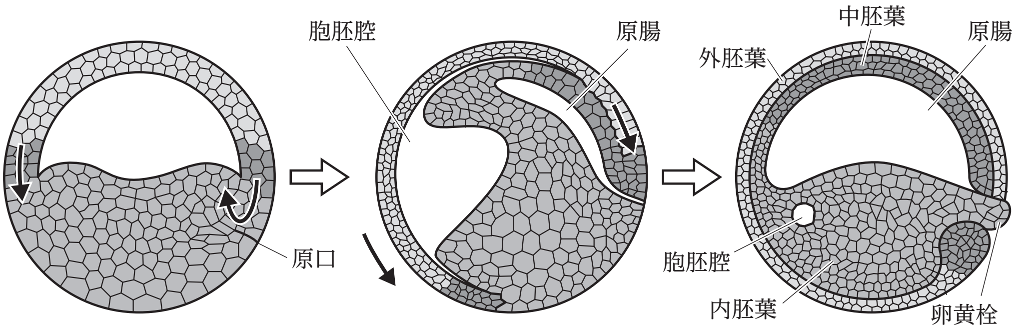
カエルの卵は，卵黄量が多く植物極側に偏って分布しているため，8 細胞期の割球が不均等になる。また，桑実胚期には動物極側に（　　　　　　）とよばれる内腔ができ，この内腔が胞胚期には（　　　　　　）となる。

◆ 原腸胚期

胚胚期に続く（　　　　　）期では，植物極側の胚表面の細胞群が胚内にもぐり込んでいく（　　　　）が起こる。

（　　　　）：陥入によって胚表面の細胞群が胚内にもぐり込む部位。
　　　　　　カエルでは，原口の位置に肛門が形成される。
（　　　　）：陥入によって胚内に新たに生じた空所。



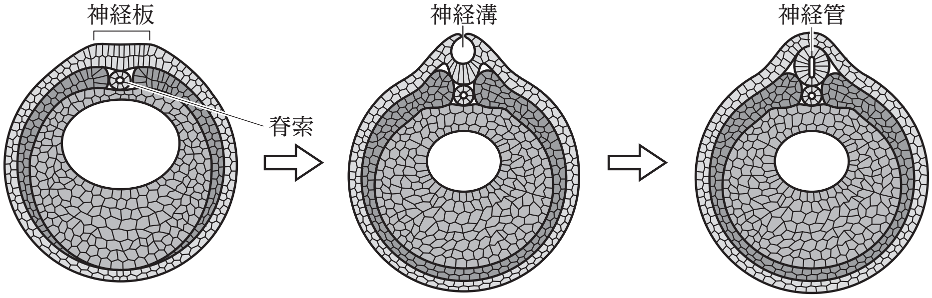


原腸が形成される過程で，3種の胚葉の区別が明確になる。

・（　　　　　）：体の外側や神経を形成する細胞群。
・（　　　　　）：骨格や筋肉，心臓などを形成する細胞群。
・（　　　　　）：消化管や消化管に付随する臓器を形成する細胞群。

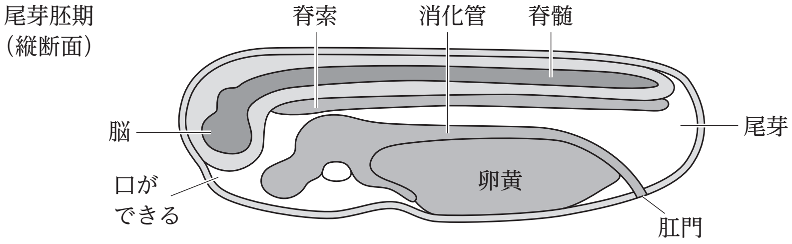
Chapter3　カエルの発生（神経胚から幼生まで）

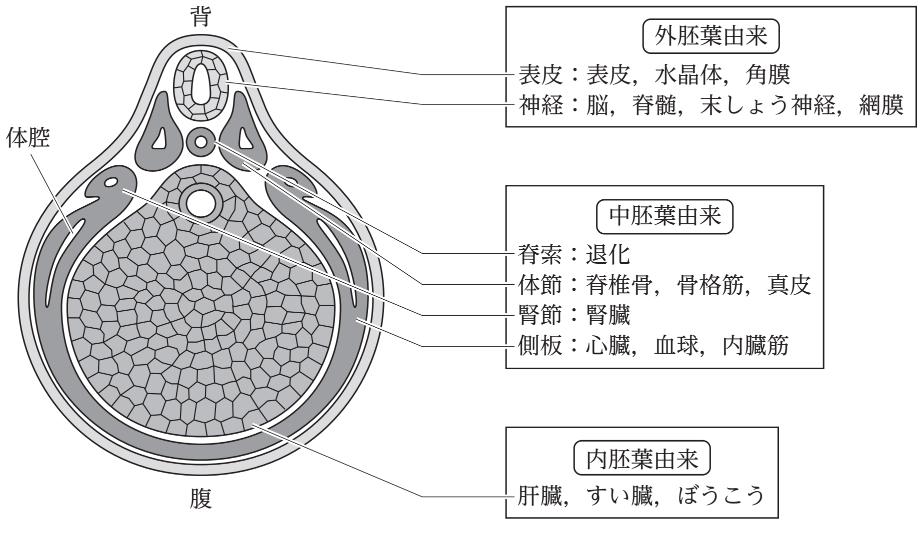
陥入後，神経管を形成する（　　　　　）期に移行する。神経胚期には，胚の背側に板状に発達した（　　　　　）が形成され，神経板の中央がさらに内側にくぼむことで（　　　　　）が形成される。



その後の（　　　　　）期では，体内でも発生が進み，さまざまな構造が形成される。尾芽胚はふ化することで幼生（オタマジャクシ）となる。

◆ 尾芽胚の断面と胚葉の分化

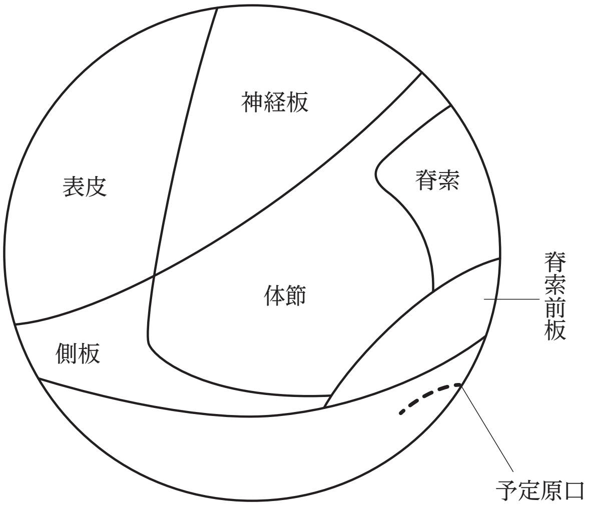




Chapter4　発生の研究

◆ フォークトの実験

　フォークトは，イモリの胚の表面を色素で標識する（　　　　　　　　　　）を用いて，それらの分化の行方（　　　　　）を追跡し，胚の表面の細胞が将来どのような構造に分化するのかを示した（　　　　　　　）を作成した。



まとめ

・発生が進むにつれて特定の遺伝子が細胞ごとに発現することで，細胞の分化が起こる。

・カエルの発生は，受精卵から卵割を経て，胞胚，原腸胚，神経胚，尾芽胚の順番で進む。

Chapter5　演習問題

問　カエルの未受精卵は，動物極側と植物極側に分けられる。受精の際，精子が動物極側から進入すると，第一卵割までの間に，卵の表層全体が約 30 度回転する表層回転が起こる。その結果，精子の進入部分の反対側に，周囲と色の濃さの異なる領域が生じ，この部分を（　A　）という。この（　A　）が生じた側は，将来の背側となる。

受精卵は，8 細胞期以降，不等割の卵割によって割球を増やし，（　ア　）となる。その後, 内部で，卵割腔がしだいに大きくなり，（　イ　）腔となり，（　イ　）期を迎える。さらに（　ウ　）期になると，（　A　）のやや植物極側で胚表面の部分が内部に陥入する。この陥入が生じた位置を（　B　）といい，ここから外胚葉が胚全体を覆うように植物極側に移動し，中胚葉や内胚葉の細胞群が胚の内部に巻き込まれ，内部に新たな空所である原腸が形成される。原腸の発達につれて（　イ　）腔はしだいに小さくなる。

（　ウ　）期には，胚を構成する細胞群が外胚葉，中胚葉，内胚葉の 3 つに区別されるようになる。その後, 胚の背部の外胚葉が次第に厚く平たくなり（　C　）が形成される。この時期の胚を（　エ　）とよぶ。（　C　）の中央部分がくぼんで神経溝となり，両端が隆起してつながり，神経管が形成される。この時期には，外胚葉からは表皮などが，神経管の下側に沿って位置する中胚葉からは（　D　）が，それぞれ形成される。（　D　）の腹側には原腸があり，ここからは腸管が形成される。さらに発生が進むと（　オ　）となり，脳，脊髄など様々な組織や器官が形成される。

⑴　（　A　）～（　D　）に入る最も適切な語句を答えよ。

⑵　（　ア　）～（　オ　）に入る最も適切なものを，次の①～⑤のうちから 1 つずつ選べ。

①原腸胚　②神経胚　③桑実胚　④尾芽胚　⑤胞胚

第10講 PART2 確認問題

問1 受精卵から個体が形成される過程を発生という。発生初期にみられる細胞分裂を（　ア　）といい，この結果生じた細胞を (a)割球という。（　ア　）には，通常の体細胞分裂と比べて，間期が（　イ　），細胞周期のペースが（　ウ　）などの特徴がある。

(1) 文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 分化　② 胞胚
③ 減数分裂　④ 卵割

(2) 下線部 (a) について，割球の大きさは分裂が進むとどうなるか。最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

① 大きくなる　② 小さくなる
③ 変わらない

(3) 文中の（　イ　），（　ウ　）に当てはまる語句の組合せとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① イ：短く　ウ：速い
② イ：短く　ウ：遅い
③ イ：長く　ウ：速い
④ イ：長く　ウ：遅い

問2 カエルの受精では，精子が進入することで起こる（　ア　）により，精子の進入点の反対側に周囲と色が異なる（　イ　）が生じる。カエルの発生は，受精卵から (a)卵割を経て，(b)桑実胚期，（　ウ　）期，(c)原腸胚期，神経胚期，尾芽胚期の順番で進む。

⑴　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　表層回転　　②　卵黄栓
③　灰色三日月環　　④　陥入

⑵　文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　表層回転　　②　卵黄栓
③　灰色三日月環　　④　陥入

⑶　下線部 (a) について，カエルの卵では，どの細胞期のときに割球が初めて不均等になるか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　2 細胞期　　②　4 細胞期
③　8 細胞期　　④　32 細胞期

⑷　下線部 (b) について，桑実胚の動物極側にできる内腔を何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　卵割腔　　②　胞胚腔
③　原腸　　④　原口

⑸　文中の（　ウ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　胞胚　　②　原口
③　陥入　　④　幼生

⑹　下線部 (c) について，原腸が形成される過程で，3 種の胚葉の区別が明確になるが，骨格や筋肉，心臓などを形成する胚葉として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　外胚葉　　②　中胚葉　　③　内胚葉

PART3　形成体と誘導

目標
・形成体と誘導の関係を理解する。
・発生の過程における代表的な誘導現象を把握する。

Chapter1　形成体と誘導

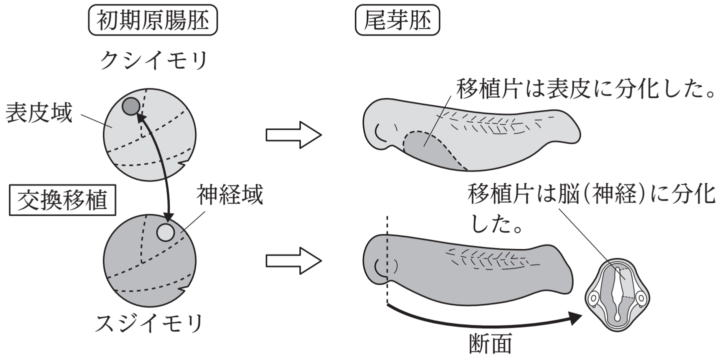
◆ シュペーマンの実験

・外胚葉の交換移植実験

シュペーマンは色の異なる二種類のイモリの初期胚を用いて，予定神経域と予定表皮域の交換移植実験を行った。

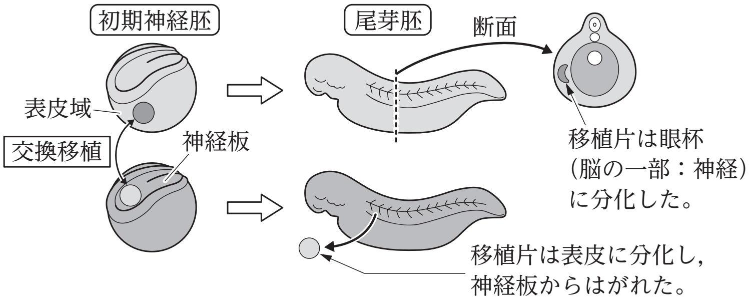
初期原腸胚期に移植した場合

⇒それぞれ移植先の発生運命に従って分化



初期神経胚期に移植した場合

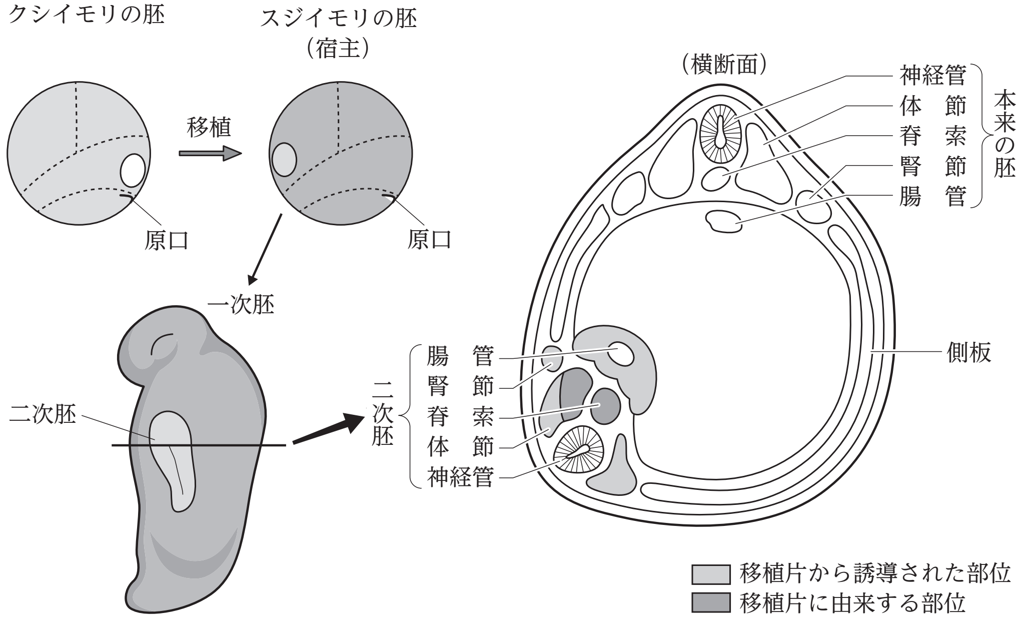
⇒それぞれ移植前の発生運命に従って分化



予定神経域と予定表皮域の発生運命は，初期原腸胚期には未確定であるが，初期神経胚期には決定していることがわかった。

・原口背唇部の移植実験

両生類の初期原腸胚の原口の動物極側を（　　　　　　　）という。イモリの初期原腸胚の原口背唇部を，同じ時期の他の胚に移植すると，（　　　　　）が形成される。



二次胚の脊索は移植片由来であったが，神経管やその周囲の構造は，移植を受けた個体の細胞に由来したことから，原口背唇部は脊索へ分化するとともに，周囲の組織にはたらきかけて神経管を形成する作用があると考えられた。

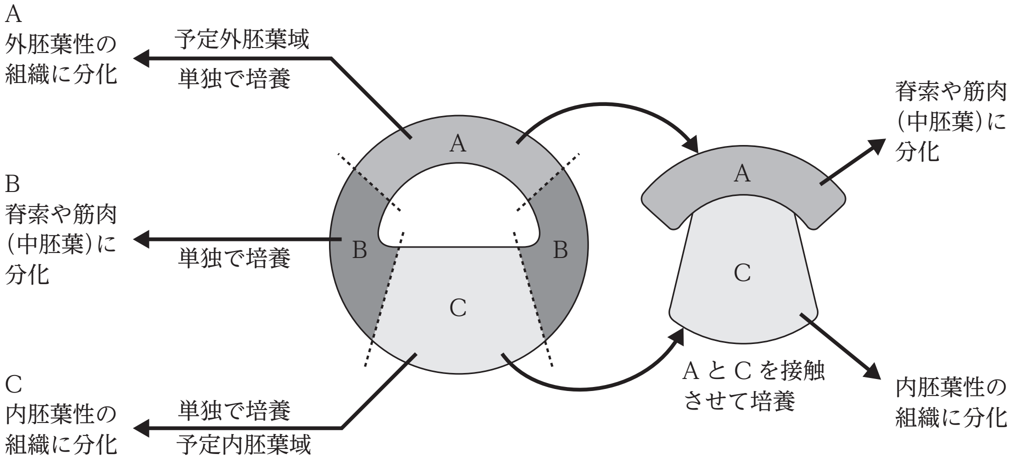
原口背唇部のように，周囲の組織にはたらきかけ，その発生運命に影響を与える作用を（　　　　）といい，誘導能をもつ領域を（　　　　　）という。

Chapter2　発生と誘導

◆ 中胚葉の誘導

イモリの胞胚において，動物極側の領域を切り出して単独で培養すると外胚葉に，植物極側の領域を切り出して単独で培養すると内胚葉が分化する。

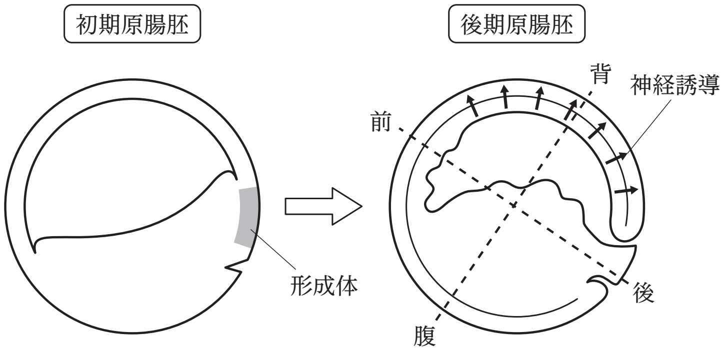
一方で，動物極側の領域と植物極側の領域を接触させて培養すると，植物極側の領域からは内胚葉が分化したが，植物極側に接触している動物極側の領域から，外胚葉とともに中胚葉が分化してくる。この現象を，（　　　　　　　　）という。



この結果から，予定内胚葉である植物極側は，予定外胚葉である動物極側の領域を中胚葉に分化させる形成体としてはたらくことが分かる。

◆ 神経の誘導

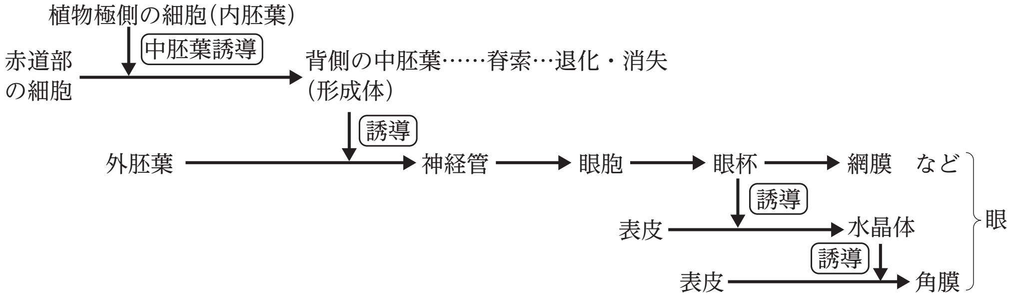
両生類の神経胚期には，陥入した原口背唇部が形成体となって周囲の外胚葉にはたらきかけることで神経が誘導される。この現象を，（　　　　　　）という。

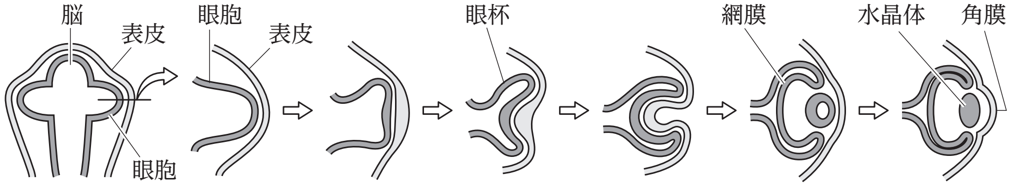


◆ 誘導の連鎖

発生の過程では，誘導の結果生じた部域がさらに形成体として作用することで，胚の各部が次々に分化し，複雑な器官が形成される。これを（　　　　　　　）という。

例 イモリの眼の形成



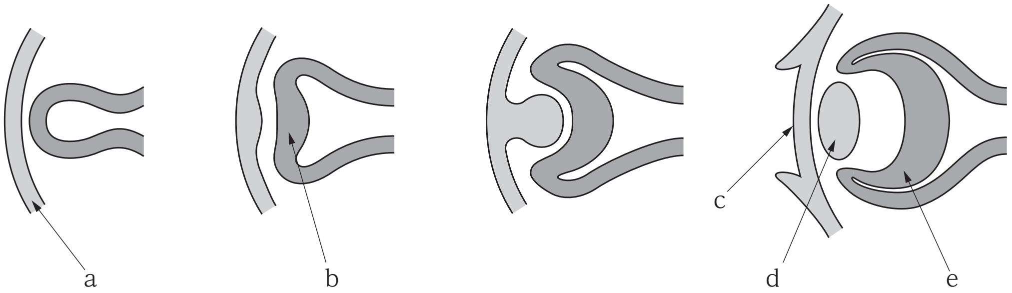


まとめ

・発生の過程では，形成体による誘導によって器官形成が起こる。
・両生類の発生では，中胚葉誘導や神経誘導が連鎖的に起こることで複雑な器官が形成される。

Chapter3　演習問題

問　図は両生類の眼の形成の過程を模式的に表したものである。神経管が発達すると，前方は膨らんで（　ア　）となり，後方は脊髄となる。（　ア　）の左右から伸び出した眼胞がやがて（　イ　）となって（　ウ　）に接すると，（　ウ　）から（　エ　）を誘導し，さらに，（　エ　）のはたらきかけで（　ウ　）から（　オ　）を誘導していく。



⑴　文中の（　ア　）～（　オ　）に入る語として最も適切なものを，次の①～⑨のうちから一つずつ選べ。

① 体節	② 側板	③ 表皮
④ 神経	⑤ 水晶体 (レンズ)	⑥ 角膜
⑦ 眼杯	⑧ 脳	⑨ 脊髄

⑵　下線部に関連して，眼胞はどの胚葉から発生するか。最も適切なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

① 外胚葉　② 内胚葉　③ 中胚葉

⑶　図中のａ～ｅの部分はそれぞれ何か。最も適切なものを，次の①～⑨の中から一つずつ選べ。

① 表皮	② 神経	③ 水晶体（レンズ）
④ 角膜	⑤ 眼胞	⑥ 眼球
⑦ 網膜	⑧ 脳	⑨ 脊髄

＜ Note ＞

第10講　PART3　確認問題

問 1　原口背唇部のように，周囲の組織にはたらきかけ，その発生運命に影響を与える作用を（　ア　）といい，このはたらきをもつ領域のことを（　イ　）という。このしくみを発見したのは，ドイツの（　ウ　）である。（　ウ　）は，クシイモリとスジイモリの初期胚を用いて，予定神経域と予定表皮域の交換移植実験を行った。その結果，初期原腸胚に移殖した場合，移植片はそれぞれ移植（　エ　）の発生運命に従って分化し，初期神経胚に移殖した場合，移植片はそれぞれ移植（　オ　）の発生運命に従って分化した。

(1)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　連鎖　　②　陥入　　③　卵割　　④　誘導

(2)　文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　形成体　　②　受容体
③　プロモーター　　④　オペロン

(3)　文中の（　ウ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　フォークト　　②　リンネ
③　ワトソン　　④　シュペーマン

(4)　文中の（　エ　），（　オ　）に当てはまる語句の組合せとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　エ：前　オ：前　　②　エ：前　オ：先
③　エ：先　オ：前　　④　エ：先　オ：先

問２　イモリの胞胚において，動物極側の領域と植物極側の領域を接触させて培養すると，植物極側の領域からは内胚葉が分化したが，動物極側の領域からは中胚葉が分化してくる。この現象を何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　神経誘導　　②　中胚葉誘導

③　誘導の連鎖　　④　形成体

問３　発生の過程では，誘導の結果生じた部域がさらに形成体として作用することで，胚の各部が次々に分化し，複雑な器官が形成される。イモリの眼の形成過程において，**形成体とならない**部位の名称として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　網膜　　②　眼杯

③　水晶体　　④　中胚葉

PART4　カエルの発生と遺伝子発現

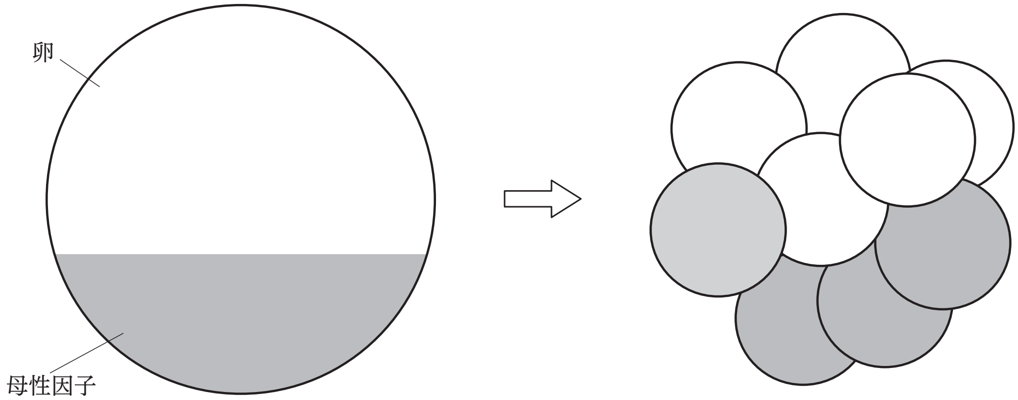
目標
・発生に関わる母性因子のはたらきを理解する。
・カエルの発生に関わるさまざまな遺伝子を把握する。

Chapter1　母性因子と母性効果遺伝子

◆ 母性因子

卵を形成する過程で母体の体細胞から卵に供給され，受精後の発生に影響を与える成分を（　　　　　　）という。母性因子は，（　　　　　　　　　）に由来する mRNA やタンパク質などであり，卵内に偏って存在する。

卵割に伴って，母性因子は割球に不均等に受け継がれることになり，母性因子の種類や量の違いが割球の発生運命を決定することになる。

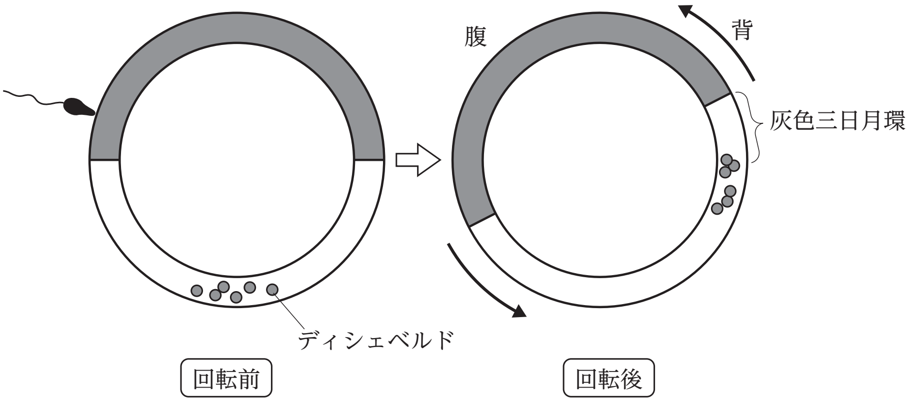


Chapter2　カエルの発生と遺伝子

◆ 表層回転とディシェベルドタンパク質

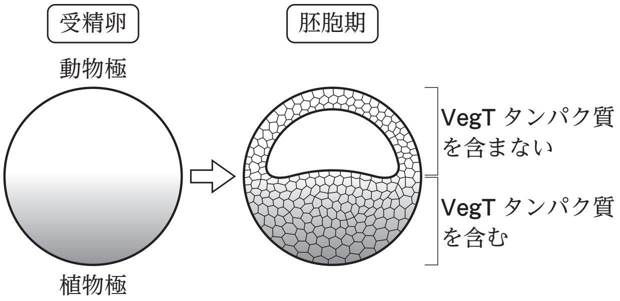
・未受精卵の植物極側には，母性因子としてディシェベルドとよばれるタンパク質が局在している。

・表層回転によって，精子の進入点の反対側にディシェベルドが移動することで，その領域での β カテニンの濃度が高くなり，背側の構造が誘導される。



◆ 胚葉の分化と *VegT*

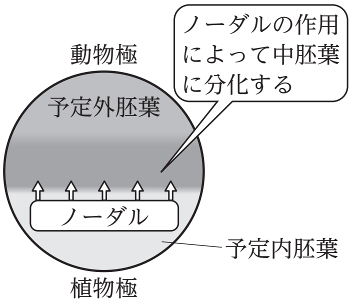
・受精卵の植物極側には，母性因子として *VegT* という遺伝子の mRNA が偏って存在している。発生の過程で mRNA が翻訳されることで生じる VegT タンパク質も植物極側に偏って分布する。



VegT タンパク質を含まない動物極側は外胚葉に分化。

VegT タンパク質を含む植物極側は内胚葉に分化。

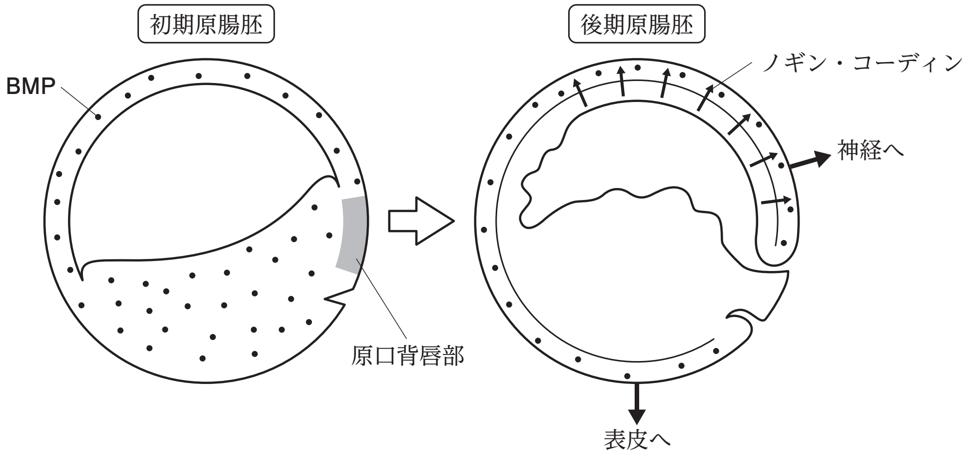
VegT タンパク質は，中胚葉誘導を引き起こすノーダルタンパク質の合成を促すため，植物極側から動物極側に中胚葉誘導が起こる。



◆ 神経誘導とBMP

・外胚葉の本来の発生運命は神経であるが，神経への分化を抑制する作用がある BMP というタンパク質が胞胚期の胚全体に存在する。

・原口背唇部から分泌されるノギンやコーディンなどのタンパク質は BMP と結合してその作用を抑制するため，陥入によって原口背唇部に裏打ちされた外胚葉は神経に，裏打ちされなかった外胚葉は表皮に分化する。



まとめ

・母性因子の局在によって，割球ごとの発生運命に差が生じる。

・カエルの発生には，ディシェベルドや *VegT* などのさまざまな母性因子，ノーダルなどのさまざまな遺伝子が関与している。

Chapter3　演習問題

問　カエルでは，精子が卵に進入すると，精子が進入した場所と反対側の赤道部に灰色三日月環とよばれる領域が形成される。灰色三日月環は，（　ア　）という現象が起こるために生じ，将来の背側となる。この現象が起こると，植物極側に局在するタンパク質 W が灰色三日月環側の赤道部に移動する。タンパク質 W が移動した領域では，タンパク質 X の濃度が上がり，植物極側に局在している *VegT* や *Vg-1* とともにタンパク質 Y をコードする遺伝子の転写が促進される。合成されたタンパク質 Y は中胚葉誘導に関係する。またタンパク質 X は，核に移動してコーディン遺伝子などを発現させる。コーディンタンパク質は，タンパク質 Z とともに中胚葉域に裏打ちされた外胚葉域において，表皮誘導の阻害と（　イ　）誘導に関係している。

⑴　文中の空欄（　ア　），（　イ　）に入る適切な語句をそれぞれ答えよ。

⑵　発生過程において，胚の一部の領域が隣接するほかの領域にはたらきかけて分化を誘導する。この誘導作用をもつ胚の領域を何というか。

⑶　タンパク質 X はコーディン遺伝子の転写を促進するが，ある遺伝子の転写を促進したり抑制したりするはたらきをもつタンパク質のことを一般に何というか。

⑷　タンパク質 W，X，Y，Z の名称を，それぞれ次の①～④の中から 1 つずつ選び，記号で答えよ。

① βカテニン　　② ノギン　　③ ディシェベルド　　④ ノーダル

第10講 PART4　確認問題

問1　卵を形成する過程で，母体の体細胞から卵に供給され，受精後の発生に影響を与える成分を何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

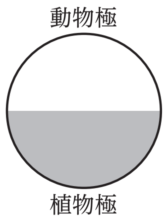
①　DNA ポリメラーゼ　　②　基本転写因子
③　制限酵素　　④　母性因子

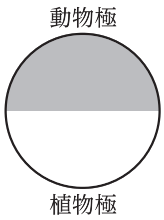
問2　カエルの受精卵では，（　ア　）という遺伝子の mRNA が偏って存在しており，発生の過程で mRNA が翻訳されることで生じる (a)タンパク質も偏って分布する。このタンパク質は，中胚葉誘導を引き起こす（　イ　）タンパク質の合成を促すため，植物極側から動物極側に中胚葉誘導が生じる。

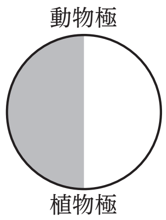
(1)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

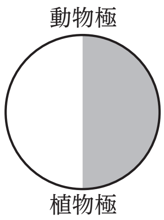
①　ノーダル　　②　*VegT*
③　ディシェベルド

(2)　下線部 (a) について，これを表す図として最も適当なものを，後の①～④のうちから一つ選べ。ただし，図の灰色で示された領域はタンパク質が局在しているようすを示している。

a


b


c


d


①　a　　②　b　　③　c　　④　d

(3)　文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　ノーダル　　②　VegT

③　ディシェベルト

PART5　ショウジョウバエの発生と遺伝子発現

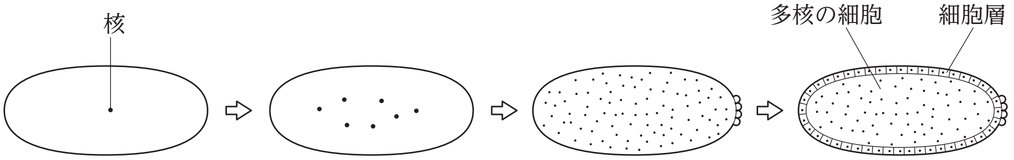
目標
・ショウジョウバエの発生の特徴を理解する。
・ショウジョウバエの発生に関わる遺伝子を把握する。

Chapter1　ショウジョウバエの発生

◆ ショウジョウバエの卵割

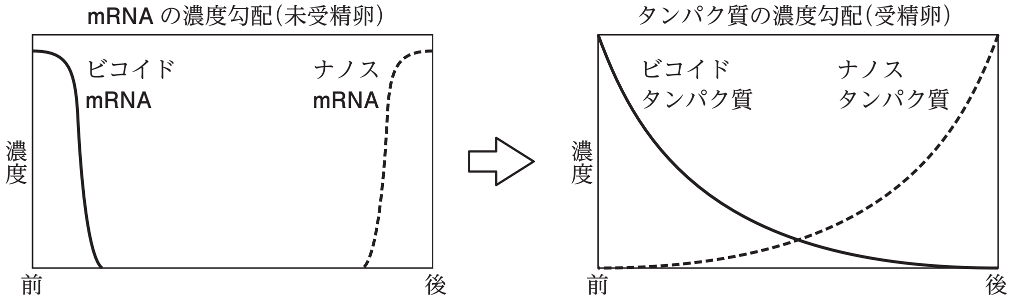
昆虫の卵は中央に卵黄が集中しているため，特徴的な卵割の過程を経る。

受精卵　→　核分裂　→　核が表面に移動　→　核の周囲で細胞質分裂



◆ ショウジョウバエの母性因子

ショウジョウバエでは，未受精卵の前方に母性因子としてビコイド遺伝子の mRNA が，後方にナノス遺伝子の mRNA が偏って存在している。受精後，それらは翻訳されてタンパク質となり，胚内で濃度勾配を形成する。濃度勾配が位置情報として利用され，各領域に固有の遺伝子の発現が進行する。



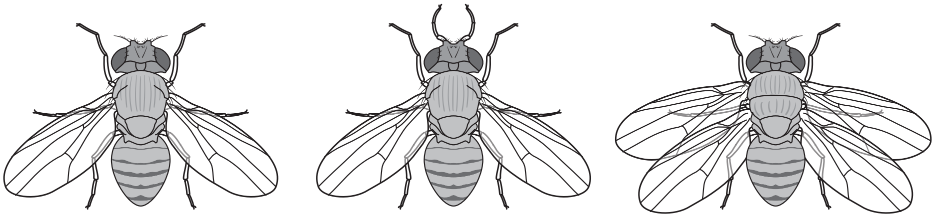
Chapter2 ショウジョウバエの体節形成

◆ 分節遺伝子とホメオティック遺伝子

ビコイドタンパク質とナノスタンパク質の濃度勾配に応じて，段階的に体節の構造を決定する（　　　　　　　）がはたらく。

ギャップ遺伝子　→　ペアルール遺伝子　→　セグメントポラリティ遺伝子

分節遺伝子の発現によって，（　　　　　　　　　　　　）とよばれる調節遺伝子がはたらくことで，それぞれの体節に固有の形態が形成される。ホメオティック遺伝子に突然変異が生じると，触角や脚などの構造や，一部の体節が入れかわった変異体となる。このような変異体は，（　　　　　　　　　　　　　）という。



野生株

アンテナペディア遺伝子
突然変異体
…触角が脚になる

バイソラックス遺伝子
突然変異体
…翅が２対になる

ヒトやマウスでも，ショウジョウバエのホメオティック遺伝子と塩基配列が似た遺伝子が発見されており，ヒトやマウスでも同様に体軸に沿った構造形成に関与している。これらの遺伝子は，（　　　　　　　　）と総称される。

まとめ

・ショウジョウバエではビコイドとナノスのはたらきによって前後軸が決定される。
・母性因子のはたらきによって分節遺伝子が発現し，ホメオティック遺伝子のはたらきによって体節の構造が決定する。

Chapter3　演習問題

問　卵が形成される過程で蓄積され，発生過程の初期において重要な役割を果たす mRNA の一群があり，それらの遺伝子を［ a ］効果遺伝子という。例えば，ショウジョウバエ胚の前後軸の決定に関与するものとして，未受精卵の前端部には（　ア　）遺伝子の mRNA，後端部には（　イ　）遺伝子の mRNA が局在している。受精後，それぞれの mRNA から翻訳されたタンパク質（［ a ］因子）が胚中で濃度勾配を形成し，これが相対的な位置情報となって胚の前後軸が形成される。次に，この前後軸に沿って体節を形作る分節遺伝子がはたらく。まずは，［ a ］因子の影響を受けた特定の（　ウ　）遺伝子が前後軸に沿って領域特異的に発現し，胚が大まかな領域に分かれる。続いて，ペアルール遺伝子が発現し 7 つの帯状のパターンがつくられる。さらに（　エ　）遺伝子が 14 の領域に帯状に発現し，体節の位置をほぼ決定する。<u>体節が形成された後，（　オ　）遺伝子がはたらくことで，それぞれの体節から触角，肢，翅などの特有の器官が形成される。</u>このようにさまざまな調節遺伝子から発現する調節タンパク質が段階的に別の調節遺伝子の発現を制御するようにはたらくことで，ショウジョウバエのからだの構造が決定される。

⑴　文中の［ a ］に入る最も適切な語句を答えよ。

⑵　文中の（　ア　）～（　オ　）に入る最も適切な語句を，次の①～⑥のうちから 1 つずつ選べ。

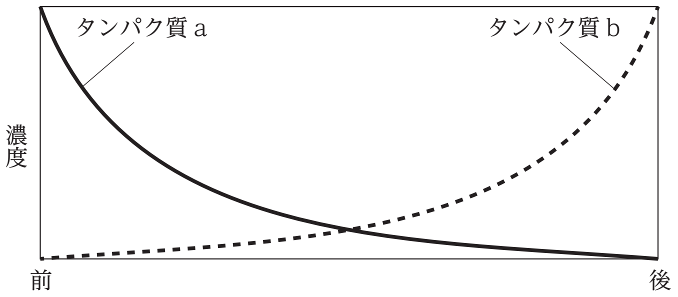
① ナノス　　② ビコイド
③ セグメントポラリティ　　④ ノギン
⑤ ホメオティック　　⑥ ギャップ

⑶　下線部について，ショウジョウバエの（　オ　）遺伝子と同じようなはたらきをもつ遺伝子がマウスやヒトでも存在する。このような形態形成に関わる他の動物にも共通した遺伝子群のことを何というか，答えなさい。

< Note >

第10講 PART5 確認問題

問1 ショウジョウバエでは，2種類の遺伝子a，bのmRNAは，母親の体内で卵形成中に合成され，卵に蓄積する。これらa，bのような遺伝子は（ ア ）とよばれる。つくられたmRNAは，卵の前方と後方に局在している。受精後，それらは翻訳されてタンパク質となり，胚内で濃度勾配を形成する。濃度勾配が位置情報として利用され，各領域に固有の遺伝子の発現が進行する。次の図は，ショウジョウバエの受精卵におけるタンパク質a，bの濃度勾配を示している。



(1) 文中の（ ア ）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 構造遺伝子　② 母性効果遺伝子
③ 調節遺伝子　④ 分節遺伝子

(2) タンパク質aとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① ディシェベルトタンパク質
② ノーダルタンパク質
③ ビコイドタンパク質
④ ナノスタンパク質

問2　ショウジョウバエの体節形成では，ビコイドタンパク質とナノスタンパク質の濃度勾配に応じて，段階的に体節の構造を決定する（　ア　）遺伝子がはたらく。この遺伝子の発現によって，（　イ　）遺伝子とよばれる調節遺伝子がはたらくことで，それぞれの体節に固有の形態が形成される。
（　イ　）遺伝子に突然変異が生じると，触角や脚などの構造が別の構造に置き換わった変異体となる。

(1)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　構造　　②　分節
③　ホメオティック　　④　母性効果

(2)　文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　構造　　②　分節
③　ホメオティック　　④　母性効果

(3)　ショウジョウバエの（　イ　）遺伝子と塩基配列が似た遺伝子が，ヒトやマウスでも発見されており，ヒトやマウスでも同様に体軸に沿った構造形成に関与している。これらの遺伝子の総称を何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　ギャップ遺伝子
②　ペアルール遺伝子
③　セグメントポラリティ遺伝子
④　ホックス遺伝子

第 11 講 バイオテクノロジー

PART1 遺伝子を扱った技術

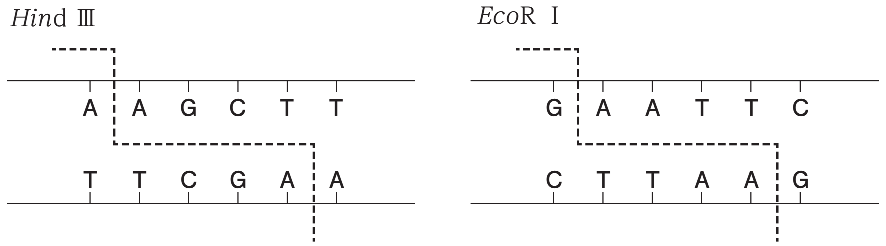
目標
・遺伝子組換え技術を理解する。
・PCR 法と電気泳動法，サンガー法（ジデオキシ法）を理解する。

Chapter1 遺伝子組換え

ある生物の遺伝子を含む DNA 断片を別の DNA に組み込み，細胞に導入することを（　　　　　　　　　）という。

◆ 遺伝子組換えに用いる試料

・目的の遺伝子を含む DNA
・（　　　　　　　）：細菌に由来する DNA 切断酵素。さまざまな種類があり，それぞれ特定の塩基配列を認識して切断する。



・（　　　　　　　　　　）：DNA 断片どうしを連結する酵素。
・（　　　　　　　　）：大腸菌などがもつ，ゲノム DNA とは別の小さい環状 DNA。
導入したい遺伝子を組み込んで，運び手として用いる DNA を（　　　　　　　）という。

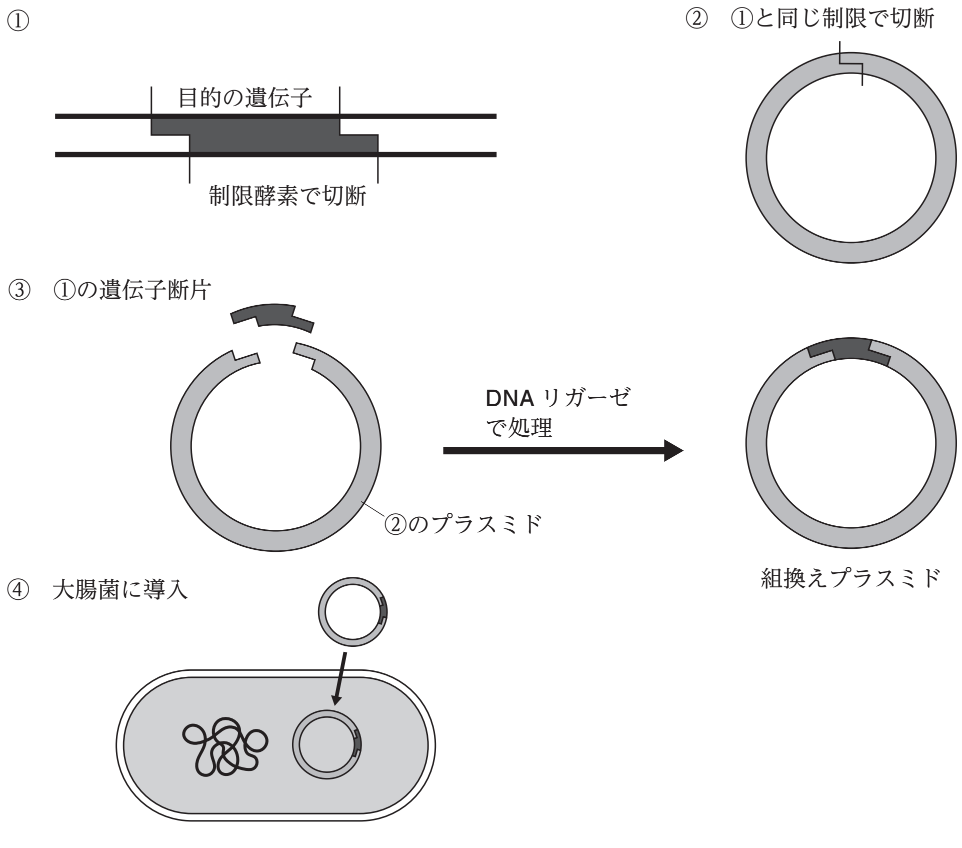
◆ 遺伝子組換えの流れ

① 目的の遺伝子を制限酵素で切り出す。

② 同じ制限酵素でプラスミドを処理して，開環させる。

③ ①，②で得られた DNA を混合し，DNA リガーゼで処理することで組換えプラスミドを作製する。

④ 組換えプラスミドを大腸菌に導入する。



大腸菌の増殖にともなってプラスミドも増殖し，組み込んだ遺伝子が発現することで，その産物を得ることもできる。

Chapter2　PCR法

PCR 法：(　　　　　　　　　　　　　　　）で，解析したい DNA を大量に増やすことができる。

◆ PCR法に用いる試料

・増幅したい DNA

・DNA ポリメラーゼ：温泉に生息する細菌由来のもので，耐熱性がある。

・DNA ヌクレオチド：塩基として A，T，G，C，糖としてデオキシリボース。

・プライマー：目的の領域の両端に結合する短い DNA 断片。

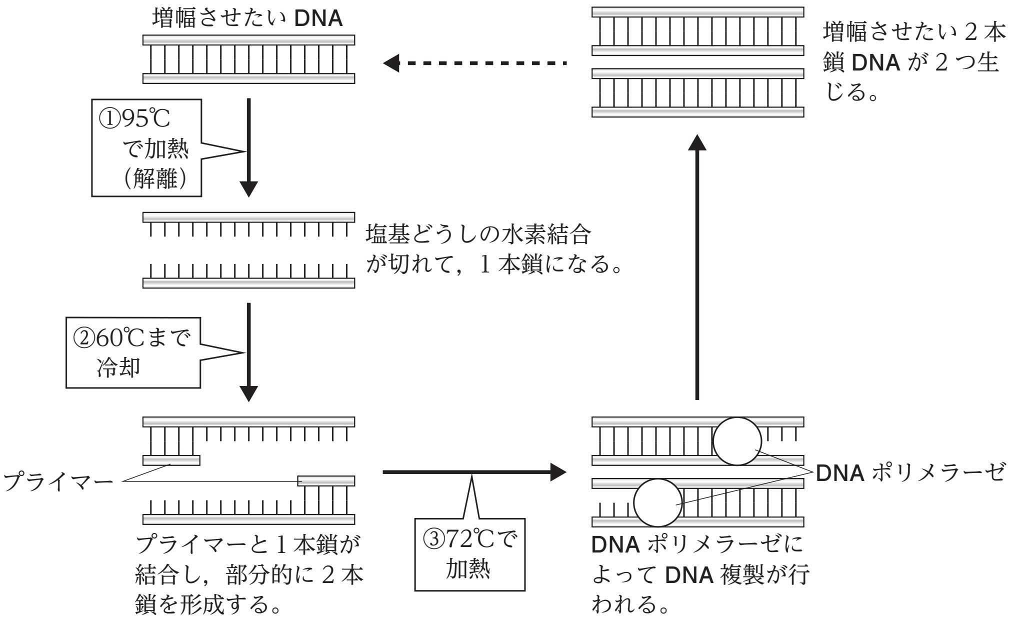
◆ PCR法の手順

95℃→ 60℃→ 72℃　の温度変化を 1 サイクルとして，これらの試料に繰り返し温度変化を加えることで目的の DNA 断片を増やすことができる。

95℃：塩基間の水素結合が切れることで，2 本鎖 DNA が 1 本鎖に開裂する。

60℃：目的の領域にプライマーが結合する。

72℃：DNA ポリメラーゼの最適温度で DNA 伸長反応が進む。

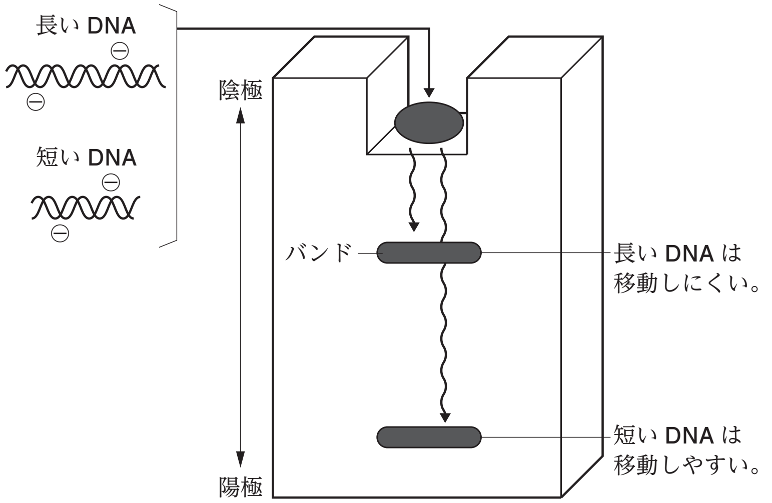


Chapter3　電気泳動法とサンガー法

◆ 電気泳動法

大きさの異なる分子を分離する方法として，(　　　　　　　　)がある。

DNA は水溶液中で負の電荷をもっているため，DNA を含む試料を寒天でできたゲルのくぼみにいれ電圧をかけると，DNA は正極側に移動する。より小さな分子ほどゲル内をスムーズに移動するため，泳動距離は長くなる。移動距離の違いを利用して，試料内の DNA 分子の大きさを判断することができる。

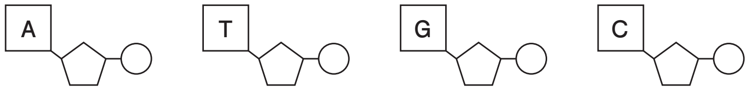


電気泳動後，ゲルを DNA 染色液で染色すると，
DNA がバンドとして観察できる

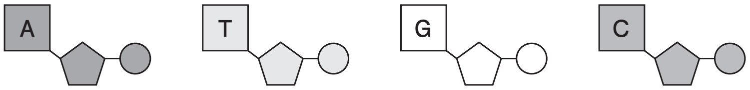
◆ サンガー法（ジデオキシ法）

DNAの塩基配列を調べる方法の一つに，サンガー法がある。サンガー法では，次のものを試料として用いる。

・塩基配列を調べたい一本鎖DNA　・プライマー　・DNAポリメラーゼ
・通常のDNAヌクレオチド

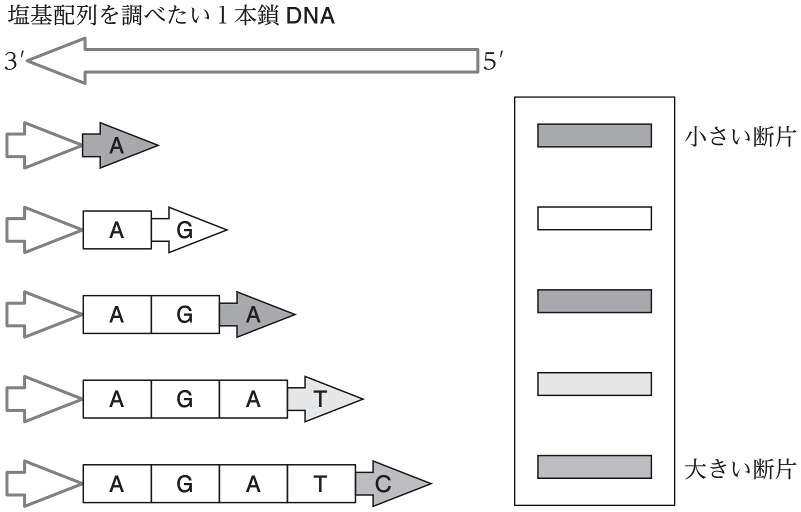


・標識した特殊なヌクレオチド



※特殊なヌクレオチドがDNA合成に用いられると反応が停止する。

これらを混合して，塩基配列を調べたい一本鎖DNAに対して相補鎖の合成を行うと，さまざまな長さのDNA断片が得られる。



合成される新生鎖は，AGATC
→調べたいDNA鎖は，TCTAG

まとめ
・制限酵素とDNAリガーゼを用いて遺伝子組換えが行われる。
・PCR法や電気泳動法，サンガー法などのバイオテクノロジーがある。

Chapter4　演習問題

問　次の文中の空欄（　ア　）～（　オ　）に入る適切な用語を答えよ。

　ある生物の遺伝子の DNA 断片を，別の生物の DNA につなぎ込み，細胞に導入する技術を遺伝子組換えという。遺伝子組換え技術で目的の DNA 断片を切り出すために用いられる（　ア　）は，DNA 上の特定の塩基配列を認識して切断する酵素である。同じ（　ア　）で切断した二種類の DNA 断片を混合し，（　イ　）という酵素を作用させると，DNA 断片どうしが連結される。

　特定の遺伝子について研究するには，生物のゲノムから目的の遺伝子を単離し，増幅する必要がある。その場合，目的の遺伝子を組込んだベクターを大腸菌に取り込ませ，増殖させて遺伝子を増やす。近年では，この方法以外に（　ウ　）を利用して目的の遺伝子を増やす PCR 法が開発され，広く用いられるようになった。

　PCR 法では，増幅させたい遺伝子領域と相補的に結合する DNA 配列をもつ２種類の（　エ　）を予め準備しておく必要がある。増幅させたい DNA 断片，（　ウ　），（　エ　），および４種類の（　オ　）を試験管内で反応させることで，目的の DNA が増幅できる。この反応を繰り返すことによって，PCR 法では短時間で多量の遺伝子断片を得ることができる。

第11講 PART1 確認問題

問1　ある生物の遺伝子を含むDNA断片を別のDNAに組み込み，細胞に導入することを遺伝子組換えという。

DNAの特定の塩基配列を認識して切断する（　ア　）と，DNA断片どうしを連結する（　イ　）を用いて，遺伝子組換えが行われる。

(1)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　DNAリガーゼ　　②　DNAヘリカーゼ
③　制限酵素　　④　DNAポリメラーゼ

(2)　文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　DNAリガーゼ　　②　DNAヘリカーゼ
③　制限酵素　　④　DNAポリメラーゼ

(3)　大腸菌などがもつ，ベクターとして利用される小さい環状DNAを何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　インスリン　　②　プラスミド
③　プライマー　　④　ヒストン

問2　PCR法（ポリメラーゼ連鎖反応法）では，次のⅠ～Ⅲの温度変化を繰り返し行っている。

Ⅰ　目的のDNA水溶液を約95℃に加熱する。
Ⅱ　温度を約60℃に下げる。
Ⅲ　温度を約72℃に上げる。

(1)　PCR 法の目的として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　DNA の分離　　②　DNA の増幅

③　DNA の塩基配列の解析

(2)　目的の領域に，プライマーを結合させるために行われる温度変化として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　Ⅰ　　②　Ⅱ　　③　Ⅲ

(3)　DNA ポリメラーゼによって，1 本鎖 DNA に 4 種類のヌクレオチドを結合させて，DNA を複製するために行われる温度変化として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　Ⅰ　　②　Ⅱ　　③　Ⅲ

問３　DNA は水溶液中で（　ア　）の電荷をもっているため，電気を通す水溶液中で DNA に電圧を加えると，DNA は（　イ　）極側に移動する。小さい分子ほど，分子の移動距離は長くなる。このように，大きさの異なる分子を分離する方法を（　ウ　）という。

(1)　文中の（　ア　），（　イ　）に当てはまる語句の組合せとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　ア：正　イ：陽　　②　ア：正　イ：陰

③　ア：負　イ：陽　　④　ア：負　イ：陰

(2)　文中の（　ウ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　サンガー法　　②　電気泳動法

③　誘導　　④　解糖

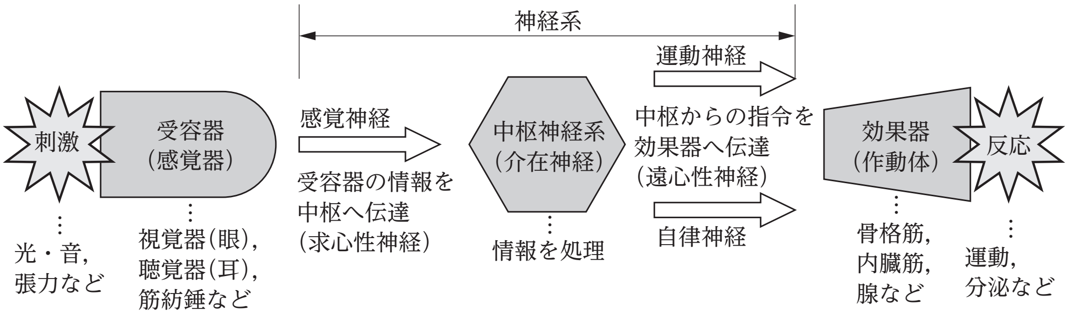
第12講　受容器
PART1　刺激の受容—眼

目標
・刺激の受容の一般的な特性を理解する。
・視覚器である眼の構造と機能を把握する。

Chapter1　刺激の受容と反応

◆ 受容器—神経系—効果器のつながり

外からの刺激は（　　　　　）によって受け取られ，感覚神経から脳や脊髄などの（　　　　　　）, さらに運動神経などを介して（　　　　　）にまで伝わり，効果器によって反応が生じる。受容器と効果器の間では（　　　　　）によって情報のやりとりが行われている。



◆ 適刺激

受容器には，刺激を受けて興奮する感覚細胞が存在している。それぞれの感覚細胞は受け取ることができる刺激の種類が決まっている。対応する刺激は，（　　　　　）とよばれる。興奮は大脳の感覚野に伝えられ，そこで視覚や聴覚などの感覚が生じる。

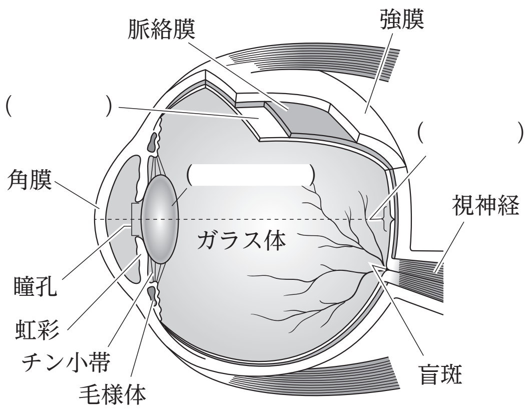
感覚	適刺激	受容器	
視覚	光(波長 400 ~ 720nm)	眼	網膜
聴覚	音波(20 ~ 20000Hz)	耳	うずまき管
平衡覚	からだの傾き(重力)		前庭
	からだの回転(リンパ液の流れ)		半規管
嗅覚	化学物質(気体)	鼻	嗅上皮
味覚	化学物質(液体)	舌	味覚芽

Chapter2　視覚：眼の構造と機能

◆ 眼の構造

光の刺激を受けとる受容器を（　　　　　）という。ヒトの視覚器は眼である。

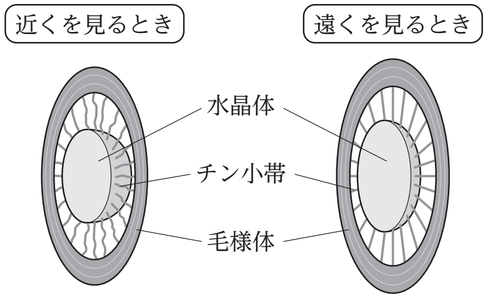
角膜と水晶体で屈折した光は，ガラス体を通って網膜で受容される。



◆ 遠近調節

毛様体とチン小帯，水晶体の連動によって遠近調節が行われる。近くをみるときは，輪状の毛様体の筋肉が収縮することで，チン小帯がゆるみ，その結果，水晶体が厚くなる。

	毛様体の筋肉	チン小帯	水晶体	焦点距離
近くを見る	収縮	ゆるむ	厚くなる	短くなる
遠くを見る	弛緩	緊張する	薄くなる	長くなる

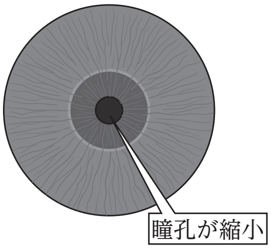


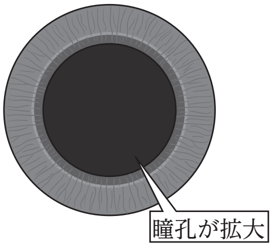
◆ 明暗調節

瞳孔を通る光の量は，虹彩によって調節されている。

・周囲が明るい
→瞳孔が縮小して，瞳孔を通る光の量を減少させる。

・周囲が暗い
→瞳孔が拡大して，瞳孔を通る光の量を増加させる。

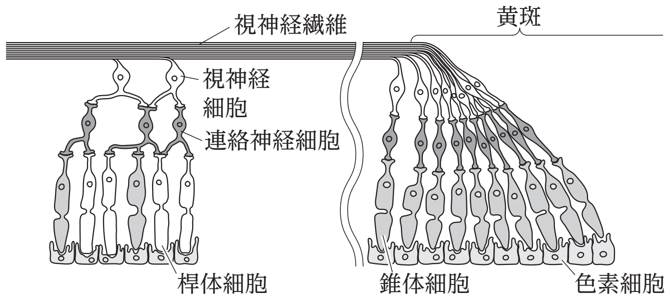




Chapter3　網膜の構造，視細胞

◆ 網膜の構造

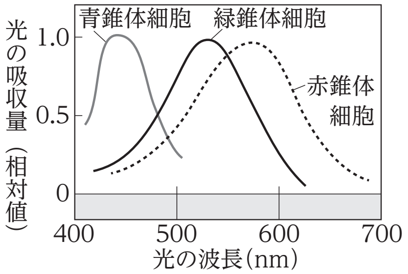
眼に入った光は，角膜—瞳孔—水晶体—ガラス体を経て網膜で受容される。網膜には，光を受容する視細胞が存在し，視細胞の興奮は視神経を通じて大脳の視覚野に伝わる。視神経は眼球の内側に配置され，視神経の軸索の束が網膜を貫く部分は（　　　　）とよばれる。盲斑では光を受容することができない。

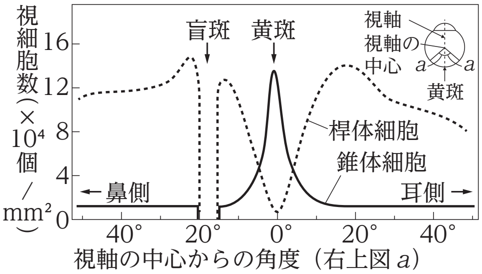


◆ 視細胞

（　　　　　　）：網膜の中心付近である（　　　　）に集中的に分布している。青・緑・赤の光のいずれかを最もよく吸収する 3 種類の錐体細胞が存在し，それぞれの感度は低い。明るい場所で，色を見分ける感覚である（　　　　）に関与している。

（　　　　　　）：網膜の周辺部に分布し，1 種類しかないが，感度が高い。暗い場所で，明暗を見分けることに関与している。



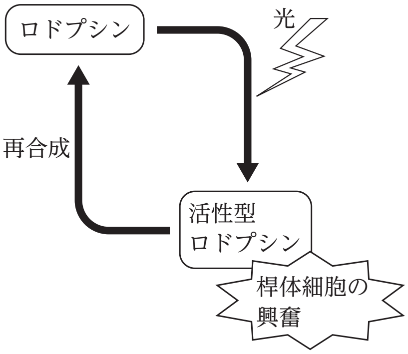


名称	形状	分布	感度	種類
錐体細胞	円錐状	黄斑に集中	低い	青・緑・赤の 3 種類
桿体細胞	棒状	網膜の周辺部	高い	1 種類のみ

Chapter4　視物質と順応

◆ 視物質

　錐体細胞にはフォトプシン，桿体細胞には（　　　　　　　　）とよばれる視物質が存在し，視物質が光を受けて変化することでそれぞれの視細胞が興奮する。視物質の量は環境によって変化し，視物質が多いほど感度が高くなり弱い光でも受容できる。このような感度の変化を順応という。



（　　　　　　）：暗所から明所へ移動した場合に起こる順応。
光によってロドプシンが急激に変化するため，最初はまぶしいが，ロドプシンの量が減少することで感度が低下する。

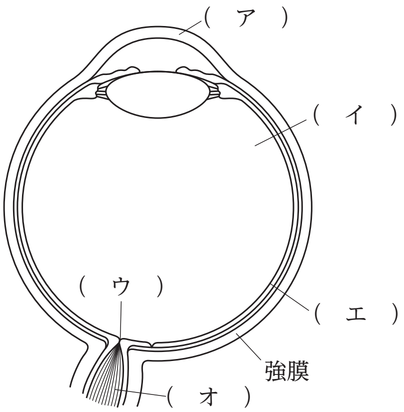
（　　　　　　）：明所から暗所へ移動した場合に起こる順応。
ロドプシンの分解よりも合成が進むため，最初は何も見えないが，ロドプシンの量が増加することで感度が上昇する。

まとめ

・眼の網膜にある視細胞で光刺激が受容され，視神経を介して大脳に興奮が伝わり視覚が生じる。
・視細胞には桿体細胞と錐体細胞があり，視物質の量の変化により順応が起こる。

Chapter5　演習問題

問 1　図はヒトの眼の水平断面を表す。図中の（　ア　）～（　オ　）にあてはまる名称を答えよ。



問 2　ヒトの眼は，レンズの周りの筋肉を使って厚みを調節し，ピントが合うようにしている。（ⅰ）レンズの周りの筋肉を何とよぶか。また，（ⅱ）近くを見る時には，レンズの厚みはどのように変化するか。

問 3　ヒトの眼は，外界の明暗が変化すると，瞳孔を通して眼に入る光の量を自動的に調節し，急激な光の強さの変化にも対応できるようになっている。その伸縮によって瞳孔の大きさを変えるはたらきをする部位を何とよぶか。

問 4　ヒトが急に暗い場所に入ると，最初はものが全く見えないが，次第に見えるようになる。この現象を何というか。

問 5　ヒトの視細胞は光を吸収する視物質を多く含んでいる。2 種類ある視細胞のなかで，弱い光も吸収して反応するが色の区別に関与しない細胞を何とよぶか。

第12講　PART1　確認問題

問１　光や音などの外界からの刺激は，受容器によって受け取られ，感覚神経から (a)中枢神経系に送られる。そして，運動神経を介して効果器に伝えられて反応が生じる。受容器には，刺激に対して興奮する感覚細胞が存在する。感覚細胞は受け取ることができる刺激の種類が決まっており，それぞれの感覚細胞に対応する刺激のことを (b)適刺激という。

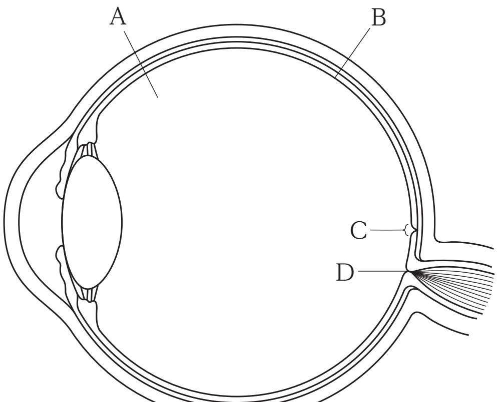
(1)　下線部 (a) について，中枢神経系として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　脊髄　　②　骨格筋
③　腺　　④　内臓筋

(2)　下線部 (b) について，次の①～④のうち，適刺激として気体中の化学物質を受容することができる受容器はどれか。最も適当なものを一つ選べ。

①　眼　　②　耳
③　鼻　　④　舌

問２　光刺激を受け取る受容器は視覚器であり，ヒトの視覚器は眼である。次の図は，ヒトの眼球の構造を模式的に表したものである。



(1) 角膜と水晶体で屈折し，ガラス体を通過した光が受容される部分で，錐体細胞が集中して分布しているのは，図中のＡ～Ｄのどこか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① A　② B　③ C　④ D

(2) 光を受容することができない部分は，図中のＡ～Ｄのどこか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① A　② B　③ C　④ D

問３　桿体細胞の特徴として**適当でないもの**を，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 形状が円錐状である。
② 感度が高い。
③ 1種類のみである。
④ 網膜の周辺部に分布する。

問４　視物質の量の変化により暗順応が起こる。暗順応にかかわる視物質として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① トリプシン　② ロドプシン
③ ルシフェリン　④ ペプシン

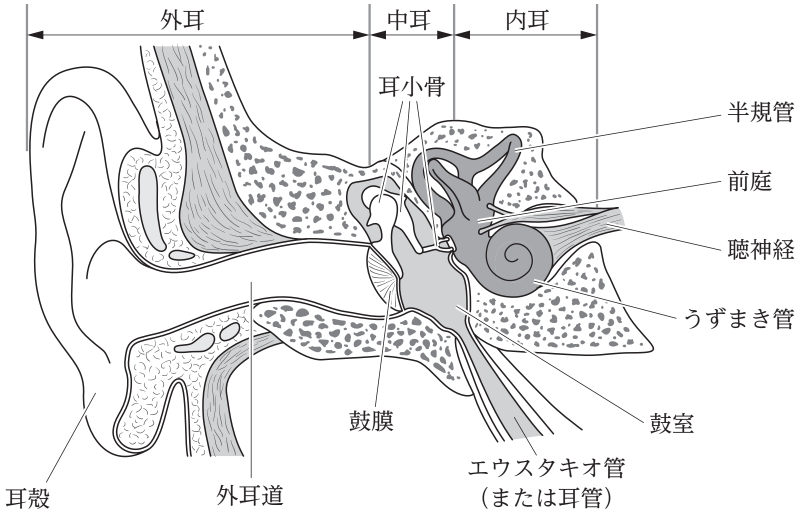
PART2　耳とその他の受容器

目標
・耳の構造と機能を把握する。
・その他の受容器の大まかな構造を理解する。

Chapter1　耳の構造と機能

◆ 耳の構造

耳には聴覚と平衡覚の受容器があり，さまざまな刺激を受容している。



鼓膜…外耳道を通ってきた音を受けて振動する。

耳小骨…鼓膜の振動を増幅し，うずまき管に伝える。

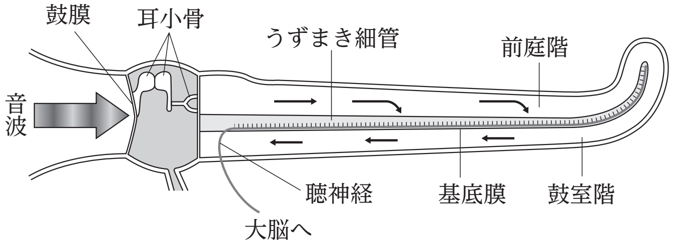
耳管（エウスタキオ管）…中耳内の気圧を調節して，鼓膜の振動を正常に保つ。

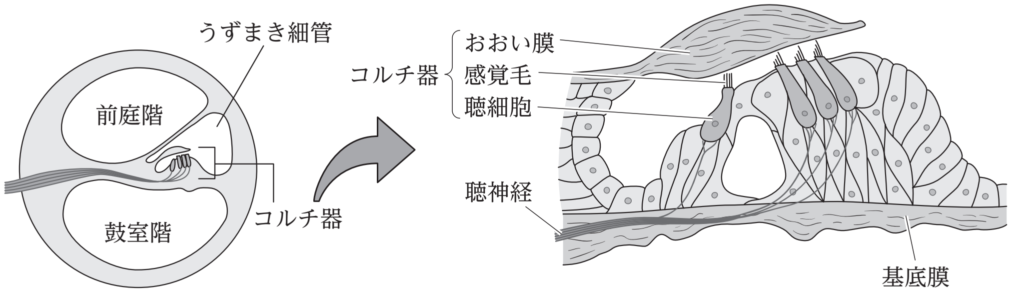
内耳は，聴覚にかかわる（　　　　　　　）と体の回転を受容する（　　　　　），体の傾きを受容する（　　　　）で構成されている。

◆ 聴覚

耳小骨を介してうずまき管に伝わった振動によって，内部のリンパ液が振動し，その結果，（　　　　　）が振動する。 基底膜の上部には（　　　　　）が存在する。基底膜が振動すると，コルチ器のおおい膜が（　　　　　）の感覚毛に触れ，聴細胞が興奮する。聴細胞の興奮が聴神経によって大脳に伝えられることで（　　　　）が生じる。

うずまき管を伸ばした模式図





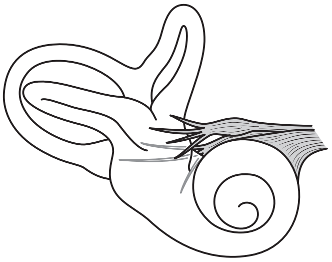
基底膜は，基部側が狭く高音で振動し，先端側が幅広く低音で振動するため，音の高さを聞き分けることができる。

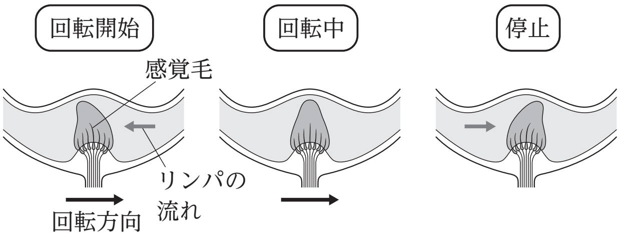
Chapter2　平衡覚

◆ 平衡受容器

半規管…体の回転を感知する受容器。

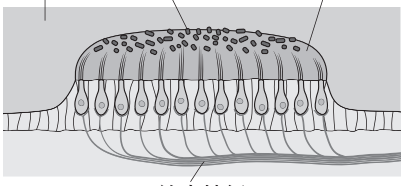
内部はリンパ液で満たされており，体が回転すると基部の感覚毛が屈曲することで回転刺激を受容する。3 つの半規管が互いに直交しているため，どの方向の回転も受容できる。





前庭…体の傾きを感知する受容器。

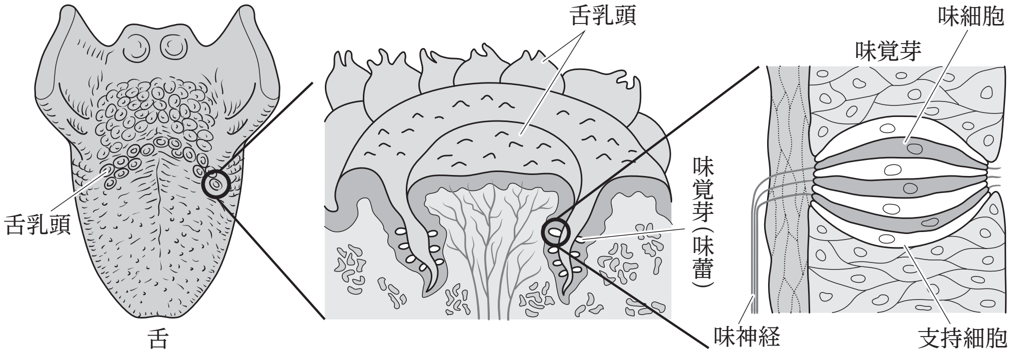
内部はリンパ液で満たされており，感覚毛の上に平衡砂（耳石）がのっている。体が傾くと平衡砂がずれ，特定の位置の感覚毛が強く押されることで刺激を受容する。



Chapter3　その他の受容器

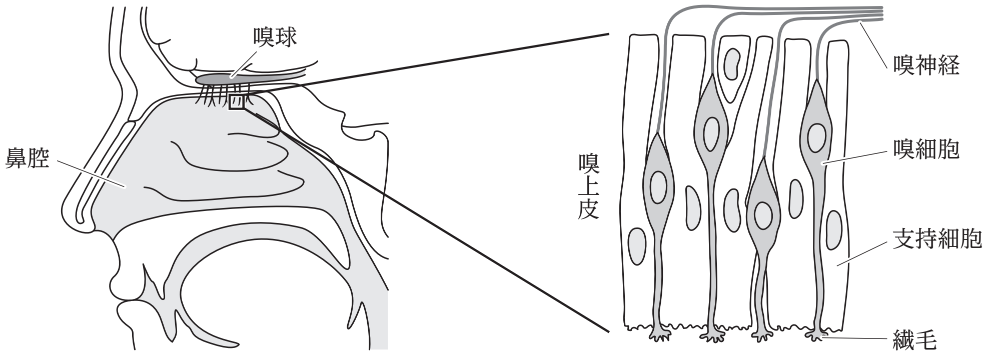
◆ 味覚器

味覚芽…舌には味細胞が集まった味覚芽（味蕾）があり，水溶液中の化学物質を受容する。味覚芽には，甘味・塩味・苦味・酸味・うま味をそれぞれ受容する味細胞がある。



◆ 嗅覚器

嗅上皮…鼻腔の上面には，嗅細胞が集まった嗅上皮があり，空気中の化学物質を受容する。



まとめ

・耳には聴覚器としてうずまき管，平衡器として半規管と前庭がある。
・それぞれの受容器には，特定の刺激を受容する感覚細胞が存在する。

Chapter4　演習問題

問　聴覚器は，外耳，中耳，内耳の３つの領域に分けられる。空気の振動である音波は，（　ア　）を伝わり鼓膜を振動させる。鼓膜の振動は，（　イ　）で増幅され，うずまき管に伝わり，さらに，うずまき管内の（　ウ　）を介して（　エ　）を振動させる。

（　エ　）が振動するとその上のコルチ器が振動し，（　オ　）に接している聴細胞の感覚毛が刺激を受けて，聴細胞に興奮が生じる。基底膜は，先端にいくほど（　a　）なっており，（　b　）音で振動する。音の高さによって聴細胞の興奮する位置が異なり，この位置の違いが聴覚中枢の異なる部位に伝えられて音の高低が識別される。

⑴　文章中の空欄（　ア　）～（　オ　）に入る最も適切な語句を答えよ。

⑵　前庭，耳管，聴細胞は，外耳，中耳，内耳のいずれに含まれるか，それぞれ答えよ。

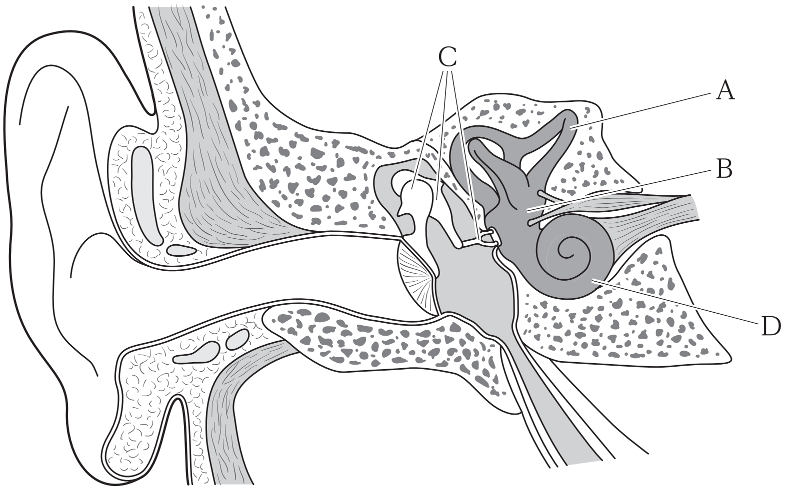
⑶　（　a　）と（　b　）に入る語句を次の①～④からそれぞれ選び，記号で答えよ。
　① 狭く　　② 広く　　③ 高い　　④ 低い

⑷　聴覚器に関連する記述として，**誤っているもの**を次の①～④から１つ選び，記号で答えよ。
　① 中耳には，平衡受容器である半規管がある。
　② 前庭は体の傾き，半規管は体の回転の受容にはたらく。
　③ コルチ器には，おおい膜と聴細胞が含まれる。
　④ 聴覚の中枢は，大脳の皮質にある。

< Note >

第12講　PART2　確認問題

問1　次の図は，ヒトの耳の構造を模式的に表したものである。耳には音波を受け取る聴覚と，からだの傾きや回転を受容する平衡覚の受容器がある。



(1)　聴覚の受容器が存在する部位は，図中のＡ～Ｄのうちどれか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　A　　②　B　　③　C　　④　D

(2)　からだの傾きを受容する部位は，図中のＡ～Ｄのうちどれか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　A　　②　B　　③　C　　④　D

(3)　からだの回転を受容する部位は図中のＡ～Ｄのうちどれか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　A　　②　B　　③　C　　④　D

問２　外部からの音の振動が外耳にある外耳道を通って鼓膜に伝わると，鼓膜と繋がっている（　ア　）でその振動が増幅される。（　ア　）を介してうずまき管に伝わった振動によって，内部のリンパ液が振動し，（　イ　）も振動する。（　イ　）の上には，（　ウ　），感覚毛をもつ聴細胞からなるコルチ器が存在する。コルチ器にある（　ウ　）が聴細胞の感覚毛に触れ，聴細胞が興奮し，その興奮が聴神経によって大脳に伝えられて聴覚が生じる。

(1)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　おおい膜　　②　耳小骨
③　うずまき細管　　④　基底膜

(2)　文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　おおい膜　　②　耳小骨
③　うずまき細管　　④　基底膜

(3)　文中の（　ウ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　おおい膜　　②　耳小骨
③　うずまき細管　　④　基底膜

問３　舌には味細胞が集まった味覚芽がある。味覚芽が受容する刺激として適当なものを，次の①，②のうちから一つ選べ。

①　空気中の化学物質　　②　水溶液中の化学物質

第 13 講　ニューロンと神経系
PART1　ニューロンの興奮

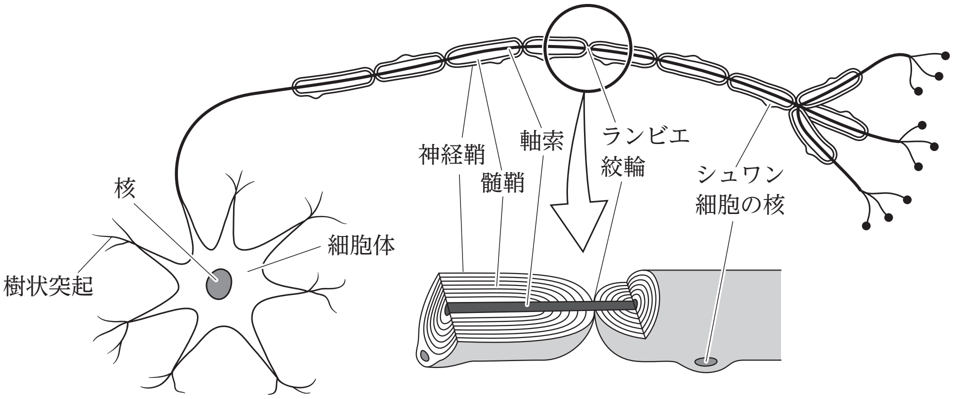
目標
・ニューロンの構造を把握する。
・ニューロンの興奮について理解する。

Chapter1　ニューロンと神経系

◆ ニューロン

神経細胞は（　　　　　　　　）とよばれ，核のある（　　　　　　），細長く伸びた（　　　　　），多数の（　　　　　　　）からなる。軸索はほかのニューロンや効果器に信号を伝えるはたらき，樹状突起はほかのニューロンからの信号を受け取るはたらきをもつ。

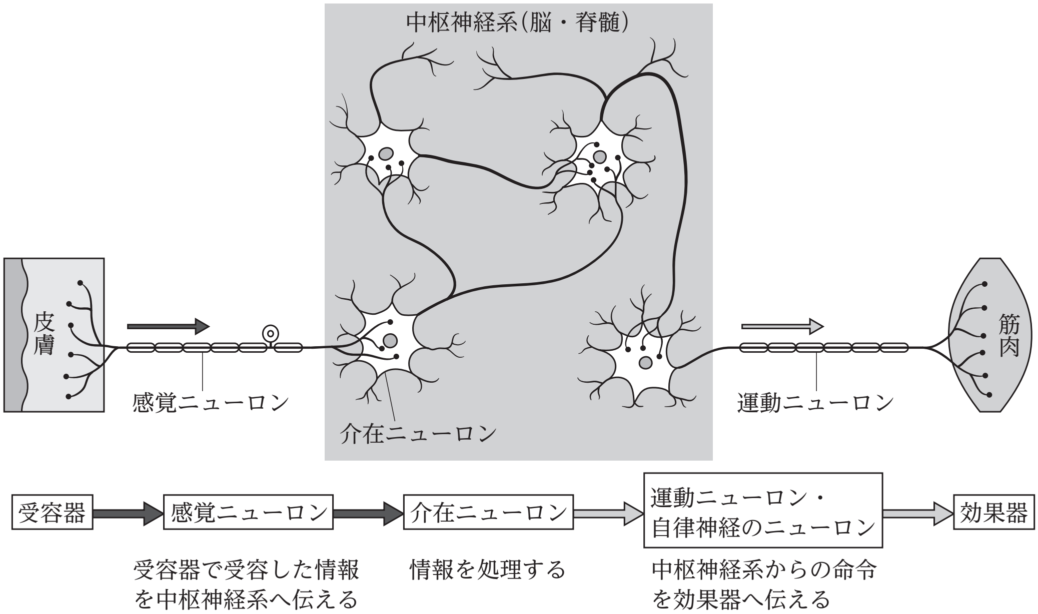
軸索の一部はシュワン細胞などでできた（　　　　　　）で包まれており，細く伸びる構造を（　　　　　　　）という。神経鞘の細胞膜部分が軸索を取り巻くことで（　　　　　）が形成される場合があり，髄鞘のない部分は（　　　　　　　　　）とよばれる。



（　　　　　　　　　　）：髄鞘をもつ神経繊維。脊椎動物の神経の多くが有髄神経繊維である。
（　　　　　　　　　　）：髄鞘のない神経繊維。無脊椎動物の神経はすべて無髄神経繊維である。

◆ 神経系

ニューロンは，体内でネットワークを形成し，さまざまな情報を伝えている。



受容器によって受け取られた刺激は，（　　　　　　　）によって脳や脊髄などの中枢神経系に伝えられ，情報が統合，処理される。さらに（　　　　　　　）などを介して効果器にまで伝わる。

感覚ニューロン：感覚神経を構成するニューロン。

介在ニューロン：中枢神経系を構成するニューロン。

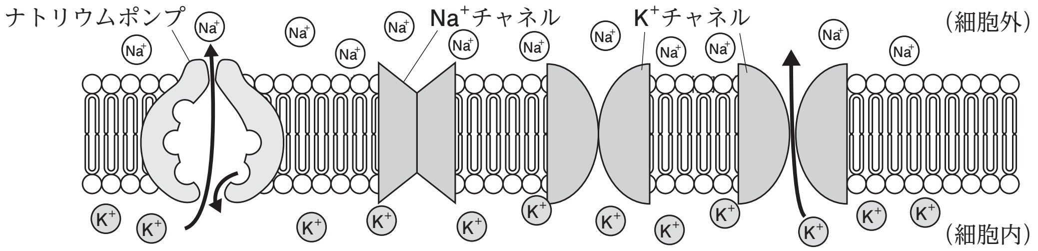
運動ニューロン：運動神経を構成するニューロン。

Chapter2 ニューロンの興奮

ニューロンの細胞膜にはさまざまな輸送タンパク質があり，それらのはたらきによって細胞膜の内外にはさまざまなイオンの濃度勾配が形成されている。電荷をもったイオンの濃度差によって膜内外では電位差，すなわち（　　　　　）が形成されている。

◆ 静止電位

軸索の細胞膜にはナトリウムポンプが存在し，そのはたらきによって Na^+ が細胞外に，K^+ が細胞内に能動輸送されている。ニューロンが刺激を受けていない状態では，一部のカリウムチャネルによって K^+ が細胞外に漏洩しているため，細胞外に対して細胞内の電位が負になっている。このような膜電位は（　　　　　）とよばれる。



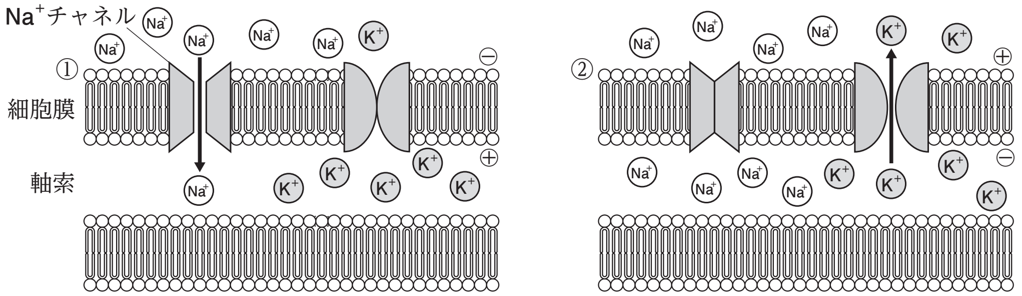
◆ 活動電位

① ニューロンに刺激が与えられると，ナトリウムチャネルが開く。Na^+ が細胞内に流入し，細胞内の電位が相対的に正になる。

② ナトリウムチャネルが閉じて，すぐにカリウムチャネルが開く。その結果，K^+ が細胞外に流出し，再び細胞内の電位が負になる。

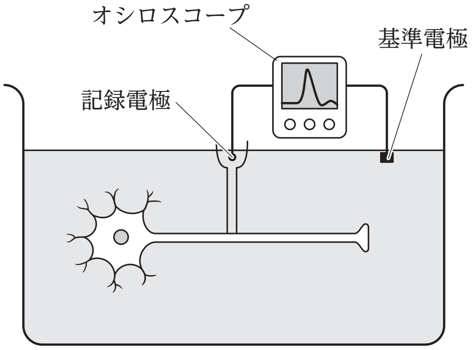
③ 活動電位が発生した直後の部位では，ニューロンはしばらく興奮が生じない状態になり，これを（　　　　　）という。

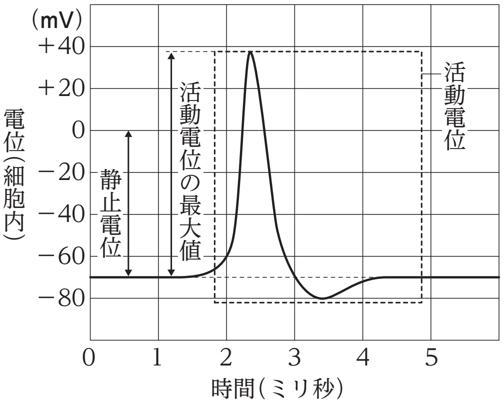
①と②による一連の膜電位の変化を（　　　　　）といい，活動電位が発生することを（　　　　）という。



◆ 膜電位の測定

細胞外に基準となる電極を置き，細胞内に記録電極を挿入することで膜電位を測定することができる。



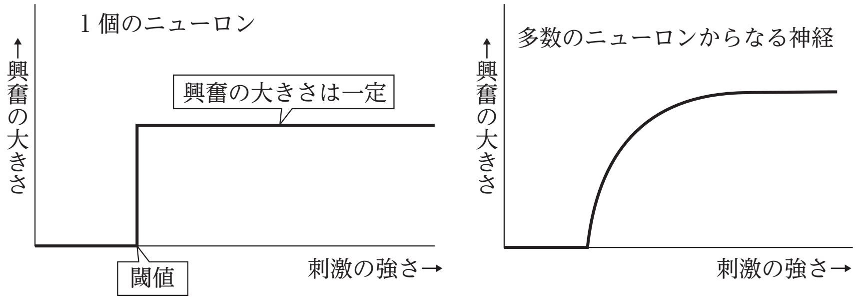


Chapter3　ニューロンと閾値

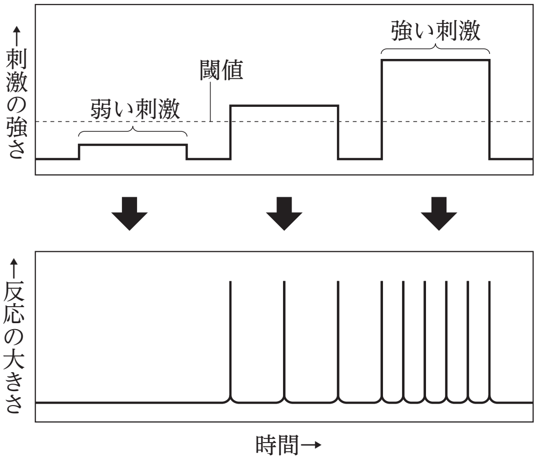
◆ 閾値と全か無かの法則

ニューロンを刺激しても，刺激の強さが一定の値よりも小さい場合はニューロンに興奮は生じない。一方で，刺激の強さが一定の値以上であれば一定の大きさの興奮が生じる。興奮が生じる最小限の刺激の強さを（　　　　）といい，このようなニューロンの性質を（　　　　　　）法則という。

多数のニューロンの束である神経を刺激した場合，各ニューロンの閾値がそれぞれ異なるため，刺激が強くなるほど興奮するニューロンの本数が増え，全体として大きな反応を示すことになる。そのため，神経では，全か無かの法則は成り立たない。



また，ニューロンに閾値以上の強さで持続的な刺激を与えた場合，刺激が強くなるほど発生する興奮の頻度が高くなる。



まとめ

・ニューロンは細胞体，軸索，樹状突起からなり，軸索は髄鞘を伴う場合がある。

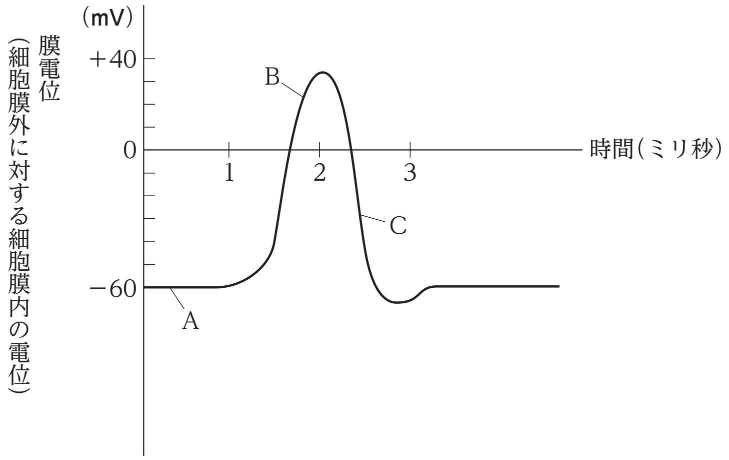
・ニューロンが刺激されると，Na^+ の流入から始まる活動電位が発生する。

Chapter4　演習問題

問　ニューロン（神経細胞）は，核がある（　ア　）とそこから伸びる突起からなる。（　ア　）から伸びる突起のうち，次のニューロンや効果器に信号を伝えるのが（　イ　）で，ほかのニューロンの信号を受けとる多数の短い突起が（　ウ　）である。感覚ニューロンや運動ニューロンの（　イ　）は，（　エ　）細胞でできた（　オ　）で包まれている。（　オ　）には 1 個の（　エ　）細胞が軸索に何層にも巻き付いた部分があり，これを（　カ　）という。

⑴　文章中の空欄（　ア　）～（　カ　）に入る最も適切な語句を答えよ。

⑵　ニューロンに刺激を与えると，図に示すような膜電位の変化が生じる。これに関する記述として正しいものを，下の①～⑤のうちから一つ選べ。



① A における膜電位は，おもに Na^+ の受動輸送によって生じる。
② B における膜電位の変化は，おもに K^+ の受動輸送によって生じる。
③ C における膜電位の変化は，おもに K^+ の能動輸送によって生じる。
④ 静止電位は約－ 60mV である。
⑤ 活動電位の最大値は約 40mV である。

第13講 PART1 確認問題

問 1 神経系を構成する (a)ニューロンは，核のある（ ア ）とそこから伸びる軸索，多数の（ イ ）からなる。軸索はシュワン細胞でできた（ ウ ）で包まれており，（ ウ ）の細胞膜部分が何重にも軸索を取り巻くことで，(b)髄鞘が形成される場合がある。

(1) 下線部 (a) について，ニューロンは 3 つに大別される。中枢神経系を構成するニューロンとして最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

① 感覚ニューロン ② 介在ニューロン
③ 運動ニューロン

(2) 文中の（ ア ）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 樹状突起 ② 神経繊維
③ 神経鞘 ④ 細胞体

(3) 文中の（ イ ）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 樹状突起 ② 神経繊維
③ 神経鞘 ④ 細胞体

(4) 文中の（ ウ ）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 樹状突起 ② 神経繊維
③ 神経鞘 ④ 細胞体

(5) 下線部 (b) について，髄鞘のない部分を何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 受容器　　② ランビエ絞輪

③ 効果器　　④ 盲斑

問2　ニューロンが刺激されると，(　ア　) が細胞内に流入して，細胞内の電位が相対的に正になる。次に，(　イ　) が細胞外に流出して，細胞内の電位が負になる。このような一連の膜電位の変化を (　ウ　) という。

(1) 文中の (　ア　)，(　イ　) に当てはまるイオンの組合せとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① ア：Na^+　　イ：Ca^{2+}

② ア：Na^+　　イ：K^+

③ ア：K^+　　イ：Na^+

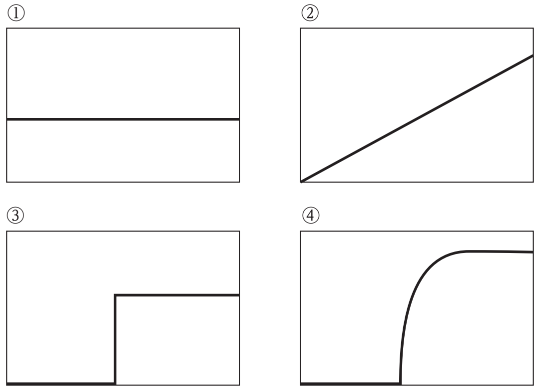
④ ア：K^+　　イ：Ca^{2+}

(2) 文中の (　ウ　) に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 不応期　　② 静止電位

③ 活動電位　　④ 興奮

問3　神経束を刺激したときの，刺激の強さ (横軸) と興奮の大きさ (縦軸) を表したグラフとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。



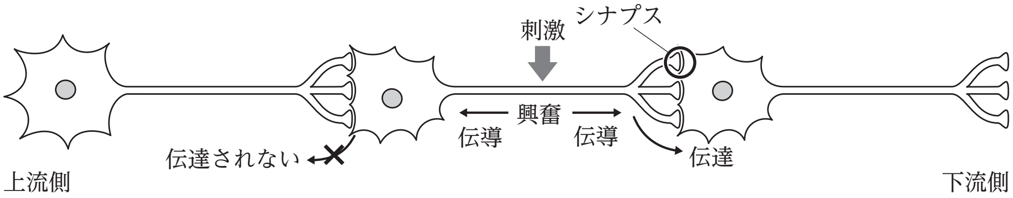
PART2　興奮の伝導と伝達

目標
・興奮の伝導のしくみを理解する。
・シナプスの構造と興奮の伝達のしくみを理解する。

Chapter1　神経系によるシグナル伝達

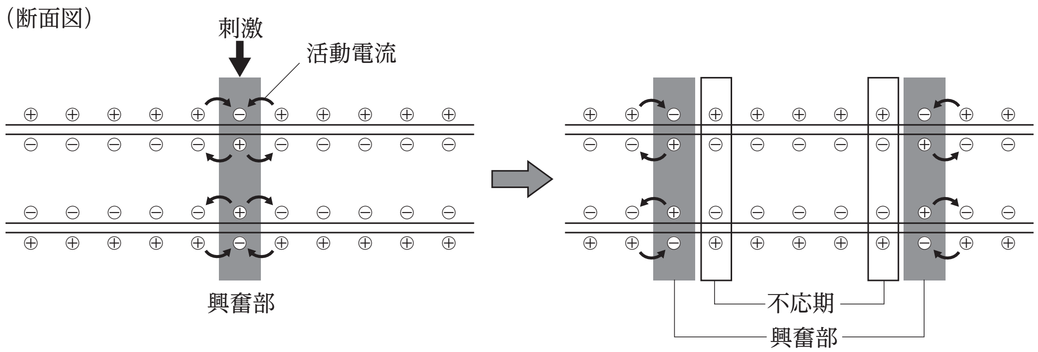
刺激を受けることでニューロンに興奮が生じ，生じた興奮はニューロンを伝わっていく。ニューロン内を興奮が伝わることを興奮の（　　　　），ニューロンからニューロンへ興奮が伝わることを興奮の（　　　　）とよぶ。

軸索の途中を刺激した場合，伝導は両方向に進むが，伝達は特定の方向にのみ伝わる。



◆ 興奮の伝導

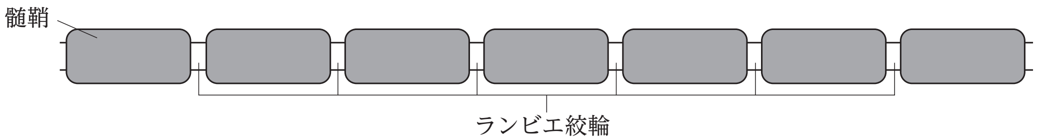
軸索で興奮が生じた場合，興奮部と周囲の静止部との間で，微弱な電流である（　　　　　）が流れる。活動電流によって静止部が刺激されるため，静止部のナトリウムチャネルが開き興奮が生じる。これが繰り返されることで興奮が軸索上を伝わっていく。これを興奮の伝導という。

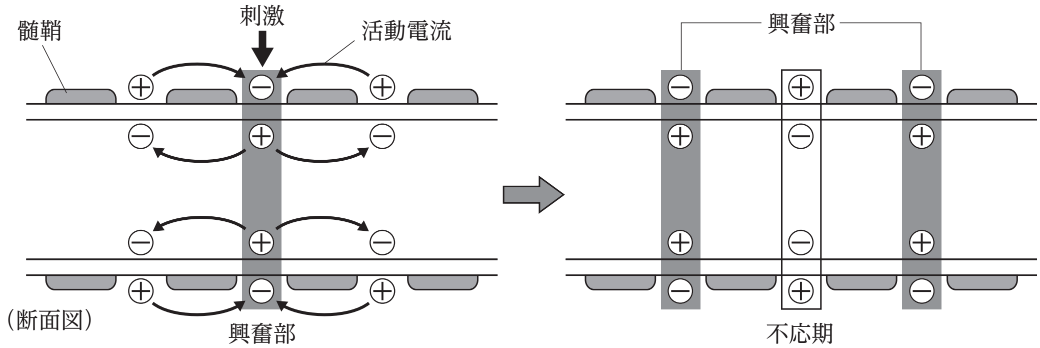


興奮が生じた直後の部位は不応期になっているため，興奮は軸索上を逆流しない。

◆ 跳躍伝導

有髄神経繊維には絶縁性の髄鞘があるため，興奮はランビエ絞輪でのみ生じ，興奮が飛び石状に伝導する。これを（　　　　　　　）という。





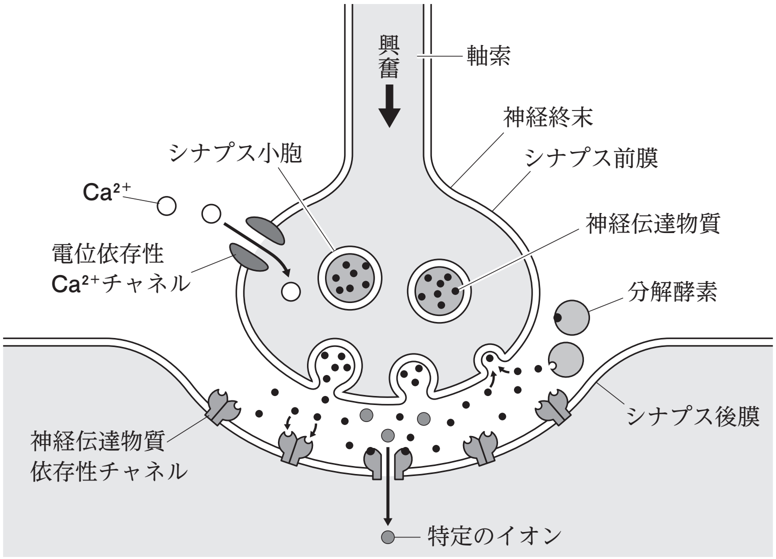
Chapter2　シナプスと興奮の伝達

◆ シナプスの構造

軸索の末端（神経終末）はほかのニューロンや効果器に連絡しており，そのつなぎ目を（　　　　　　　）という。シナプスではシナプス間隙を挟んで，出力側のシナプス前細胞と入力側のシナプス後細胞が隣接している。

◆ 興奮の伝達

興奮がシナプス前細胞の神経終末まで伝導すると，電位依存性 Ca^{2+} チャネルが開き，シナプス前細胞の神経終末内に Ca^{2+} が流入する。その結果，（　　　　　　　　　）を含んだシナプス小胞がシナプス前細胞の細胞膜と融合することで，シナプス間隙に神経伝達物質が放出される。



神経伝達物質がシナプス後細胞の細胞膜上の受容体（神経伝達物質依存性チャネル）に結合することで，興奮が伝達される。受容体がイオンチャネルとしてはたらくことでシナプス後細胞へのイオンの流入が起こり，シナプス後細胞の膜電位が変化する。これを（　　　　　　　　）といい，この一連の反応を興奮の伝達という。

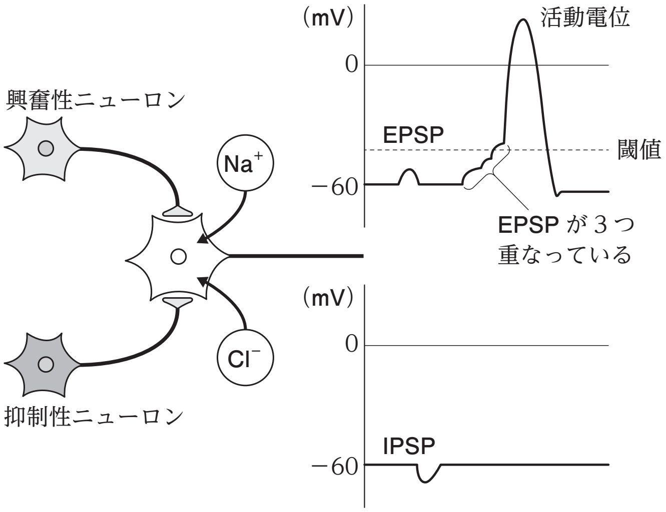
放出された神経伝達物質は速やかに回収・分解される。

◆ 興奮性シナプスと抑制性シナプス

シナプスには，放出される神経伝達物質の種類によって，興奮の伝達を受けたシナプス後細胞に興奮が生じる興奮性シナプスと，興奮の伝達を受けたシナプス後細胞の興奮が抑制される抑制性シナプスが存在する。

興奮性シナプスでは，神経伝達物質が受容された結果，シナプス後細胞内への Na^+ の流入が促され膜電位が上昇する。これを興奮性シナプス後電位（EPSP）といい，これが重なって閾値を超えた場合に，活動電位が生じる。

抑制性シナプスでは，シナプス後細胞内への Cl^- の流入が促され膜電位が下降する。これを抑制性シナプス後電位（IPSP）といい，シナプス後細胞に興奮が生じるのが抑制される。



まとめ

・活動電位の発生が隣接部の興奮を促すことで，興奮の伝導が起こる。
・シナプスでは，神経伝達物質によって興奮の伝達が起こる。

Chapter3　演習問題

問 1　次の文章中の空欄（　ア　）～（　オ　）に入る最も適切な語句を答えよ。

　刺激を受けていないニューロンでは，細胞膜の外側は（　ア　）に，内側は（　イ　）に帯電している。このときの膜内外の電位差を，（　ウ　）電位という。
　ニューロンに刺激を与えると，膜内外の電位が瞬間的に逆転し，やがてもとに戻る。この一連の電位の変化を（　エ　）電位という。ニューロンが興奮すると興奮部と静止部の間で微弱な電流が流れる。この電流が隣接部を刺激し，隣接部が興奮することで興奮がニューロン内を両方向へ伝わる。これを興奮の（　オ　）という。

問 2　次の文章中の空欄（　ア　）～（　エ　）に入る最も適切な語句を答えよ。

　神経細胞の軸索の末端は神経終末とよばれる。神経終末はわずかなすき間をおいて，ほかの神経細胞の樹状突起や細胞体などに接している。この部分をシナプスという。活動電位が神経終末に到達すると，（　ア　）チャネルが開き，（　ア　）イオンが神経終末に流入し，（　イ　）の膜が神経終末の細胞膜に融合する。これにより（　イ　）から（　ウ　）がシナプス間隙に放出される。興奮性の神経伝達物質としてグルタミン酸などがあり，抑制性の神経伝達物質としてγ- アミノ酪酸（GABA）などがある。
　シナプス前細胞による神経伝達物質の放出の結果，シナプス後細胞に生じる変化をシナプス後電位とよぶ。例えば，シナプス後細胞で（　エ　）チャネルが開くと，シナプス後細胞内への（　エ　）イオンの流入が促されて興奮性シナプス後電位が生じ，シナプス後細胞で塩化物イオン（Cl^-）チャネルが開くと，シナプス後細胞内への塩化物イオンの流入が促されて抑制性シナプス後電位が生じる。興奮性シナプス後電位を生じさせるシナプスを興奮性シナプス，抑制性シナプス後電位を生じさせるシナプスを抑制性シナプスという。

< Note >

第13講　PART2　確認問題

問1　ニューロンが刺激を受けると興奮が生じ，生じた興奮はニューロンを伝わっていく。ニューロン内を興奮が伝わることを興奮の (a)伝導，ニューロンからニューロンへ興奮が伝わることを興奮の伝達という。

神経繊維には無髄神経繊維と有髄神経繊維があり，有髄神経繊維には（　ア　）の髄鞘があるため，興奮はランビエ絞輪でのみ生じ，興奮が飛び石状に伝わる。これを（　イ　）という。

(1)　下線部 (a) について，軸索の途中を刺激したときの伝導の伝わり方として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　刺激を受けた場所から軸索末端側への一方向
②　刺激を受けた場所から細胞体側への一方向
③　刺激をうけた場所から両方向

(2)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　耐熱性　　②　耐乾性
③　導電性　　④　絶縁性

(3)　文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　跳躍伝導　　②　活動電位
③　静止電位　　④　不応期

問2 軸索の末端は，ほかのニューロンや効果器に連絡しており，このつなぎ目を (a)シナプスという。興奮がシナプス前細胞の軸索の末端まで伝わると，（　ア　）がシナプス前細胞内に流入する。その結果，シナプス小胞がシナプス前細胞の細胞膜と融合し，シナプス間隙に（　イ　）が放出される。（　イ　）がシナプス後細胞の受容体に結合することで，興奮が伝達される。

⑴ 下線部 (a) について，シナプスには興奮性シナプスと抑制性シナプスが存在する。興奮性シナプスのシナプス後ニューロンに流入するイオンとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① ナトリウムイオン　② カルシウムイオン
③ カリウムイオン　④ 塩化物イオン

⑵ 文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① ナトリウムイオン　② カルシウムイオン
③ カリウムイオン　④ 塩化物イオン

⑶ 文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 分解酵素　② 制限酵素
③ 神経伝達物質　④ 神経繊維

PART3　神経系

目標
- ・ヒトの中枢神経系の成り立ちと機能を把握する。
- ・反射とその経路を把握する。

Chapter1　ヒトの神経系

◆ 神経系の構成

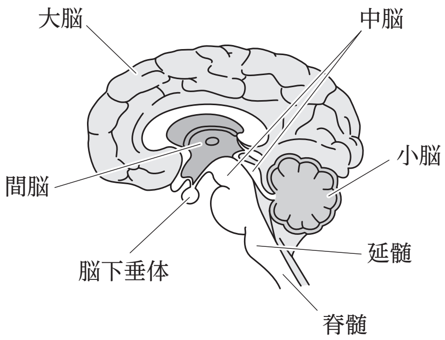
　脊椎動物であるヒトの神経系は，脳と脊髄からなる（　　　　　　　）とそれ以外の（　　　　　　　　）に分かれる。末しょう神経系ははたらきに応じて（　　　　　　）と（　　　　　　）に分かれる。

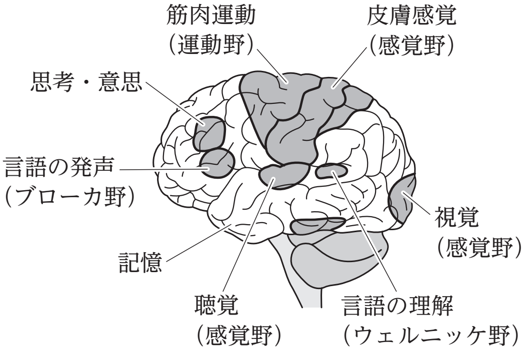
- ヒトの神経系
  - 中枢神経系
    - 脳…大脳，間脳，中脳，小脳，延髄
    - 脊髄
  - 末しょう神経系
    - 体性神経系
      - 感覚神経
      - 運動神経
    - 自律神経系
      - 交感神経
      - 副交感神経

Chapter2　中枢神経系

◆ 脳の構造と機能

ヒトの脳は，（　　　　）・（　　　　）・（　　　　）・（　　　　）・（　　　　）などからなり，領域ごとに異なるはたらきを担っている。





大脳 { 皮質：ニューロンの細胞体が集まり，灰白色にみえる（　　　　）。
　　　髄質：ニューロンの軸索が集まり，白色にみえる（　　　　）。

（　　　　）…大脳の新皮質は，さらに感覚野，運動野などに分かれる。
（　　　　　）…本能的・情緒的行動の中枢であり，記憶にかかわる海馬もある。

間脳：視床と視床下部からなる。視床下部は，内分泌系や自律神経系の中枢となる。
中脳：姿勢の保持，眼球運動や瞳孔反射の中枢となる。
小脳：からだの平衡の保持や運動の調節にかかわる中枢となる。
延髄：心臓の拍動や呼吸運動，せき，くしゃみ，唾液分泌などの反射の中枢となる。

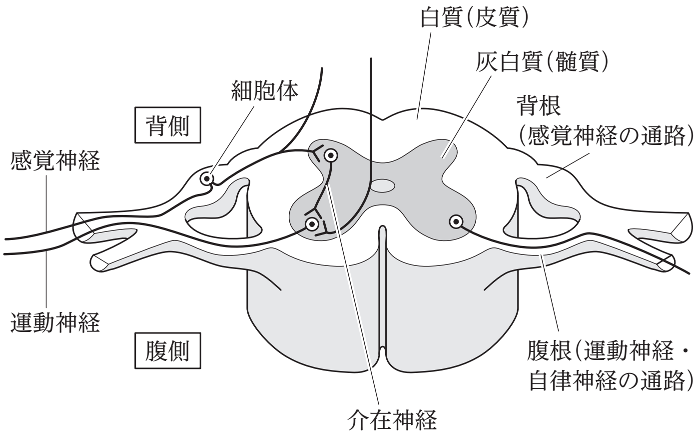
間脳，中脳，延髄を合わせて（　　　　）とよび，生命維持に直接関係する中枢の集合体となる。

◆ 脊髄の構造

脊髄は末しょう神経の通路であり，さまざまな反射の中枢でもある。

脊髄皮質：ニューロンの軸索が集まり，白色にみえる（　　　　）。

脊髄髄質：ニューロンの細胞体が集まり，灰白色にみえる（　　　　　）。



感覚神経は背根を通って脊髄内に入り，運動神経に情報を伝える。運動神経は腹根を通って脊髄から出て，効果器に情報を伝える。

Chapter3　反射とその中枢

◆ 反射

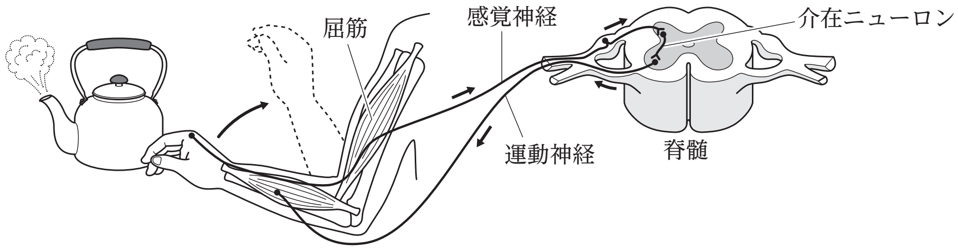
刺激に対して無意識に起こる反応を（　　　　）という。反射では，大脳以外の中枢神経系を経由して反応が起こっている。

反射の経路（反射弓）：受容器ー感覚神経ー中枢神経（大脳以外）ー運動神経ー効果器

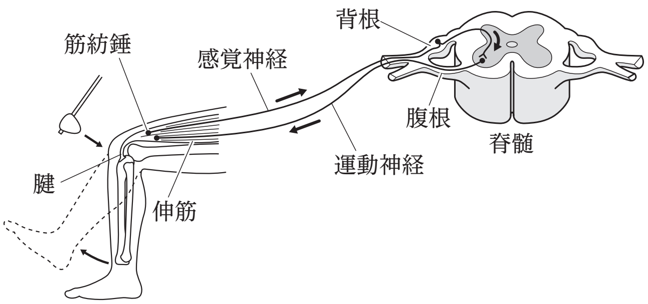
反射の種類によって，中枢の位置は異なる。

反射中枢	例
中脳	瞳孔反射
延髄	唾液，せき，くしゃみの反射
脊髄	屈筋反射，しつがい腱反射

例 屈筋反射…熱いものに手が触れた場合に，速やかに手を引く反射。



例 しつがい腱反射…膝の腱を刺激された場合に，あしが跳ね上がる反射。



まとめ

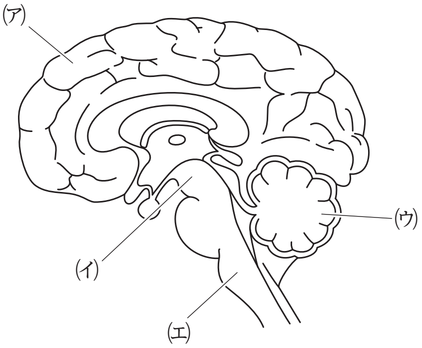
・脳は，大脳，間脳，中脳，小脳，延髄などで構成され，それぞれの機能をもつ。
・脳や脊髄は反射の中枢となり，無意識に起こる反応を制御している。

Chapter4　演習問題

問１　文章中の（　ア　）～（　エ　）にあてはまる適切な語句を記せ。

　脊椎動物は多くの神経細胞からなる神経系をもっている。神経系は，脳や（　ア　）からなる中枢神経系と，それ以外の（　イ　）神経系に分けられる。後者はさらに体性神経系と自律神経系に分けられる。体性神経系には（　ウ　）神経や（　エ　）神経が含まれ，自律神経系には交感神経や副交感神経が含まれる。

問２　図はヒトの脳の縦断面の模式図である。



(1)（　ア　）～（　エ　）の部位の名称を①～⑥からそれぞれ選び，記号で答えよ。

①　視床下部　　②　中脳　　③　小脳
④　大脳　　⑤　延髄　　⑥　間脳

(2)（　ア　）～（　エ　）の部位のはたらきを①～⑥からそれぞれ選び，記号で答えよ。

①　排尿，排便，しつがい腱反射の中枢となる。
②　内臓のはたらき，体温，血糖濃度，摂食，睡眠などを調節する。
③　筋肉運動を調節し，からだの平衡を保つ。
④　姿勢保持，眼球運動，瞳孔反射などを調節する。
⑤　呼吸運動，血液循環などを調節する。
⑥　思考，感情，感覚の認知，随意運動などをつかさどる。

< Note >

第13講　PART3　確認問題

問１　ヒトの神経系は，末しょう神経と中枢神経の２つに大きく分けられる。末しょう神経系のうち，感覚神経が属する神経系を何というか。最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　集中神経系　　②　体性神経系

③　自律神経系

問２　脳の構造と機能について，次の問いに答えよ。

(1)　姿勢の保持や眼球運動，瞳孔反射の中枢となる部位として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　間脳　　②　中脳　　③　小脳　　④　延髄

(2)　からだの平衡の保持や運動の調節の中枢となる部位として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　間脳　　②　中脳　　③　小脳　　④　延髄

(3)　心臓拍動や呼吸運動，唾液分泌などの反射の中枢となる部位として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　間脳　　②　中脳　　③　小脳　　④　延髄

(4)　脳幹とよばれる部分を構成する部位として**適当でないもの**を，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　間脳　　②　中脳　　③　小脳　　④　延髄

(5)　次の①～③のうち，大脳皮質はどれか。最も適当なものを一つ選べ。

①　白質　　②　灰白質　　③　髄質

問３　末しょう神経の通路である脊髄は，(a)脊髄皮質と脊髄髄質に分けられる。感覚神経は（　ア　）を通って脊髄内に入り，運動神経に情報を伝える。そして，運動神経は(　イ　)を通って脊髄から出て，効果器に情報を伝える。

(1)　下線部 (a) について，ニューロンの軸索が集まり白色にみえるのはどちらか。適当なものを，次の①，②のうちから一つ選べ。

①　脊髄皮質　　②　脊髄髄質

(2)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　腹根　　②　背根
③　交感神経節　　④　筋肉

(3)　文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　腹根　　②　背根
③　交感神経節　　④　筋肉

(4)　次の①～④の反射の例のうち，脊髄を反射中枢とするものとして最も適当なものを一つ選べ。

①　屈筋反射　　②　くしゃみの反射
③　唾液の反射　　④　瞳孔反射

第 14 講　効果器

PART1　筋肉の構造と収縮

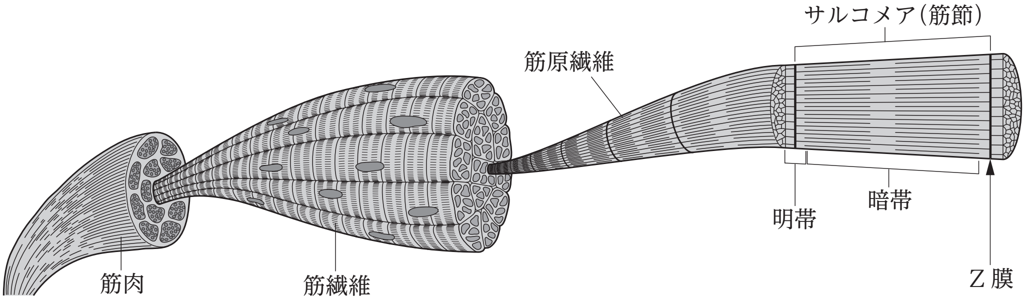
目標
- 筋肉やサルコメアの階層的な構造を把握する。
- 筋収縮の流れを理解する。

Chapter1　筋肉とサルコメア

◆ 筋繊維

筋肉を構成する細胞は，（　　　　　）とよばれる。筋繊維内には，（　　　　　　）とよばれる繊維状のタンパク質複合体が多数存在し，筋原繊維には顕微鏡観察で暗くみえる（　　　　）と明るくみえる（　　　　）の繰り返しが観察される。

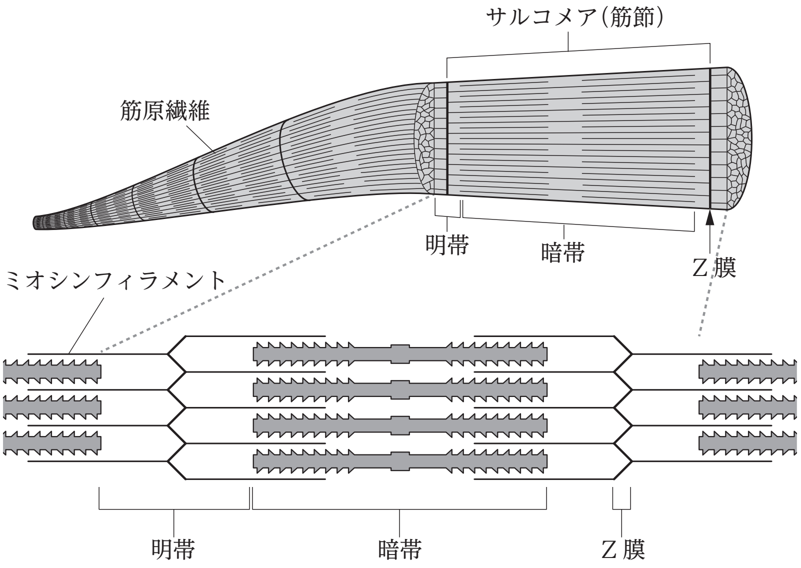
筋原繊維は，（　　　　　　　）とよばれる基本単位が多数集まってできている。



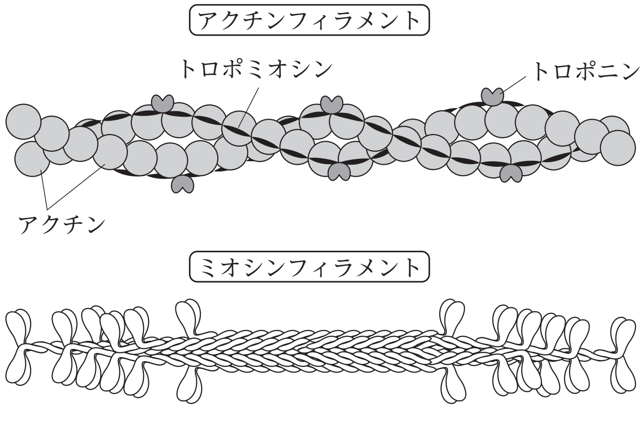
◆ サルコメア

　サルコメアは，筋収縮の最小単位となる。サルコメアの両端は（　　　　）であり，細い（　　　　　　　　　）と太い（　　　　　　　　　）が重なり合ってできている。

　ミオシンフィラメントがある領域は暗帯に，アクチンフィラメントのみの領域は明帯に対応している。



	構成タンパク質
アクチンフィラメント	アクチン(トロポニン，トロポミオシン)
ミオシンフィラメント	ミオシン



Chapter2　筋収縮

◆ 筋収縮の流れ

運動神経からの刺激によって，骨格筋の収縮すなわち（　　　　　）が起こる。筋収縮の過程は，下の①～⑤の（　　　　）説で説明される。

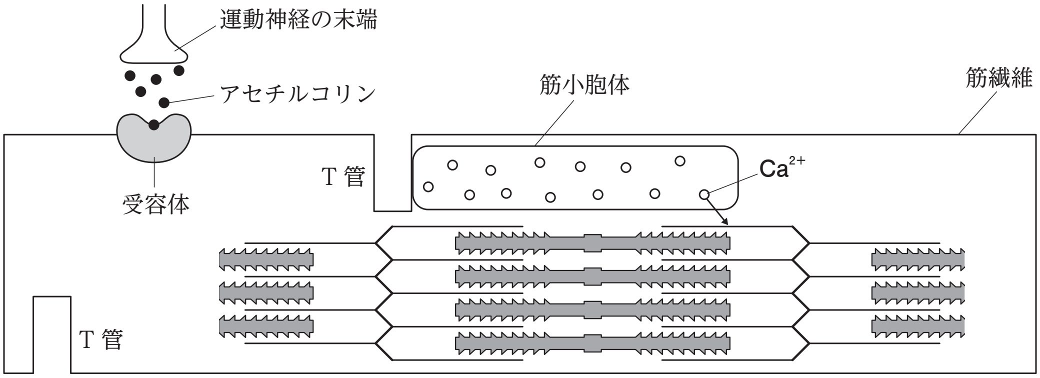
① 運動神経の軸索末端から神経伝達物質であるアセチルコリンが放出され，筋繊維の細胞膜で受容される。

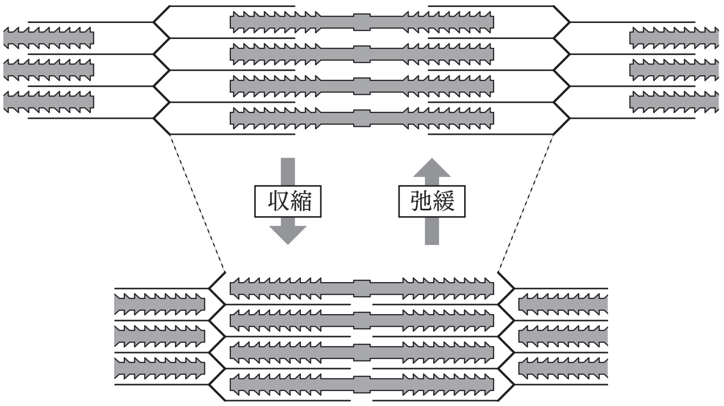
② 筋繊維の細胞膜が興奮し，筋繊維全体に広がる。

③ 筋原繊維を包む（　　　　　）から Ca^{2+} が放出される

④ Ca^{2+} はアクチンフィラメントのトロポニンと結合することで，トロポミオシンの立体構造が変わり，アクチンフィラメントにミオシンが結合できるようになる。

⑤ ATP の分解を伴ってミオシン頭部の構造が変化し，④が起点となってミオシンフィラメントの間にアクチンフィラメントが滑り込むことでサルコメアが短くなる。





運動神経からの刺激がなくなると Ca^{2+} が筋小胞体へ再吸収され，その結果として筋肉が弛緩する。

まとめ

・筋収縮の単位がサルコメアであり，アクチンフィラメントとミオシンフィラメントで構成されている。

・滑り説に基づいてサルコメアが短くなることで，筋収縮が起こる。

Chapter3　演習問題

問　骨格筋は（　ア　）ともよばれる筋細胞が，多数集まって構成される。筋細胞内には，多数の（　イ　）が存在し，顕微鏡で横じまが観察できるため横紋筋とよばれる。運動神経終末と筋細胞は，シナプスを形成している。運動神経終末から分泌される（　A　）が，筋細胞側の受容体と結合すると，ナトリウムイオンが流入し活動電位を生じ，細胞膜に興奮が生じる。この興奮は（　ウ　）に伝えられ（　B　）イオンが放出される。

（　エ　）フィラメントのトロポニンと（　B　）イオンが結合し，トロポミオシンの立体構造が変化すると，（　エ　）フィラメントは，（　オ　）フィラメントと相互作用ができるようになる。その結果，筋収縮が起こる。

⑴　文中の空欄（　ア　）～（　オ　）にあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～⑧のうちからそれぞれ一つずつ選び，記号で答えよ。

①　サルコメア　　②　筋小胞体　　③　し緩　　④　アクチン
⑤　ミオシン　　⑥　中間径　　⑦　筋原繊維　　⑧　筋繊維

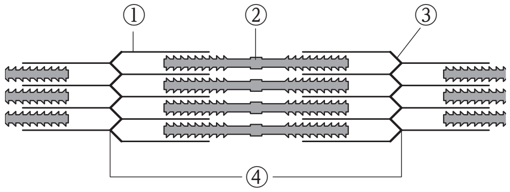
⑵　空欄（　A　）にあてはまる語句として正しいものを，次の①～④のうちから一つ選び，記号で答えよ。

①　アドレナリン　　②　ノルアドレナリン
③　アセチルコリン　　④　セロトニン

⑶　空欄（　B　）にあてはまる語句として正しいものを，次の①～④のうちから一つ選び，記号で答えよ。

①　アンモニウム　　②　カリウム　　③　カルシウム　　④　塩化物

⑷　次の図中の①～④が示す構造体の名称をそれぞれ答えよ。



< Note >

第 14 講　PART1　確認問題

問 1　筋肉の構造について，次の問いに答えよ。

(1)　繊維状のタンパク質が複合した構造体として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　筋繊維　　②　筋原繊維

③　サルコメア　　④　Z 膜

(2)　筋収縮の最小単位の名称として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　筋繊維　　②　筋原繊維

③　サルコメア　　④　Z 膜

(3)　明帯を構成するフィラメントとして最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　アクチンフィラメントのみ

②　ミオシンフィラメントのみ

③　アクチンフィラメントとミオシンフィラメント

(4)　筋肉のアクチンフィラメントの構成にかかわるタンパク質として**適当でないもの**を，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　アクチン　　②　トロポニン

③　トロポミオシン　　④　ミオシン

問２　筋収縮は運動神経からの刺激によって生じる。筋収縮のしくみについて述べた次の文（A ~ E）を読み，後の問いに答えよ。

A　筋小胞体からカルシウムイオンが放出される。

B　筋繊維の細胞膜が興奮する。

C　運動神経の軸索末端からアセチルコリンが放出される。

D　カルシウムイオンがトロポニンと結合する。

E　(a)ミオシン頭部の構造が変化して，ミオシンフィラメントの間にアクチンフィラメントが滑り込む。

(1)　文 A ~ E を，筋収縮の流れの順に並べたものとして最も適当なものを，次の①~④のうちから一つ選べ。

①　C → A → D → B → E

②　C → B → A → D → E

③　B → A → D → C → E

④　B → C → D → A → E

(2)　下線部 (a) について，ミオシン頭部の構造変化にかかわる物質として最も適当なものを，次の①~④のうちから一つ選べ。

①　NADH　　②　FAD

③　ATP　　④　ADP

(3)　E のはたらきを表す語句として最も適当なものを，次の①~④のうちから一つ選べ。

①　酸化的リン酸化　　②　セントラルドグマ

③　滑り説　　④　スプライシング

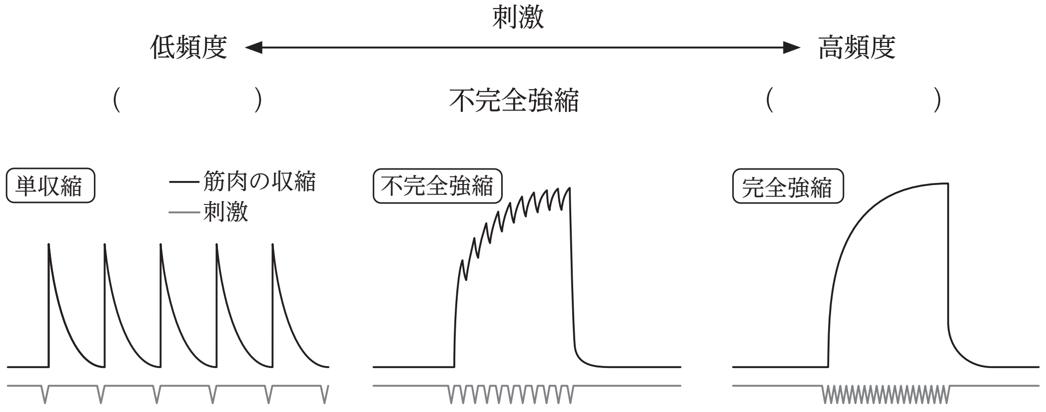
PART2　筋収縮とエネルギー

目標
・刺激の頻度と筋収縮の関係を理解する。
・筋収縮にどのようなエネルギーが利用されるかを把握する。

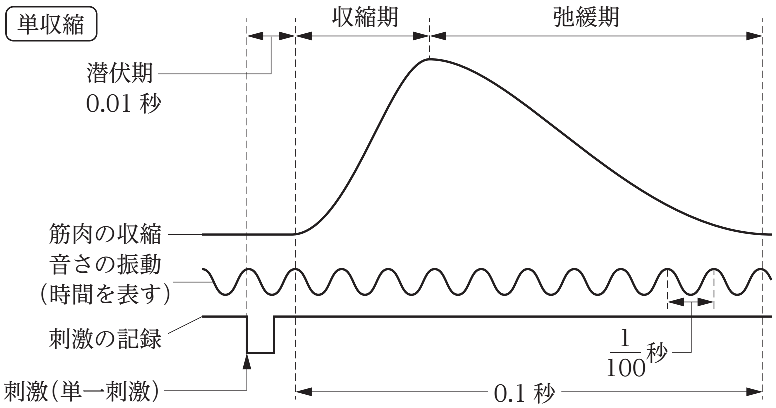
Chapter1　筋肉の挙動

◆ 刺激の頻度と筋収縮

筋肉は，刺激の頻度に応じて３段階の反応を示す。



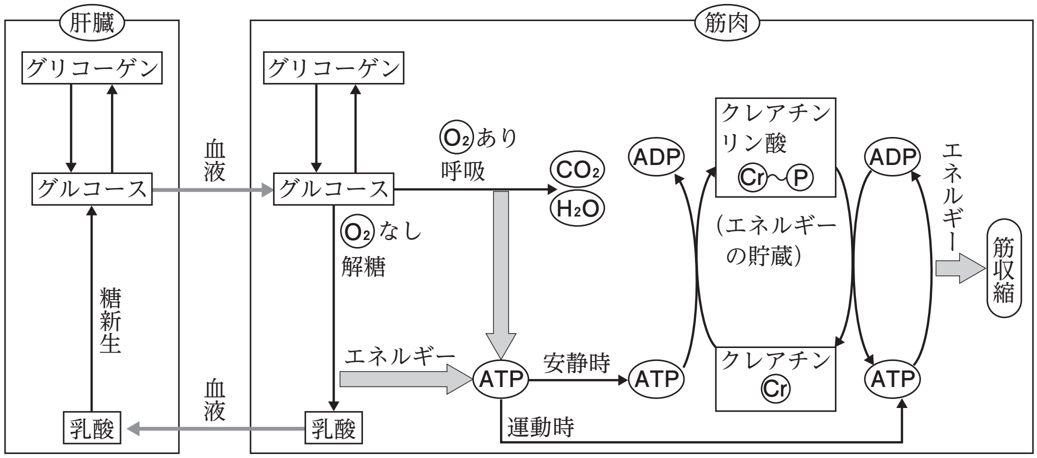
単収縮はさらに，潜伏期，収縮期，し緩期に分かれる。



Chapter2　筋収縮とエネルギー

◆ 筋収縮のエネルギーとクレアチンリン酸

筋収縮の直接のエネルギーはATPであるが，運動しはじめの筋収縮で消費されたATPは，（　　　　　　　　　）からのリン酸の転移反応で，速やかにATPに再合成される。その後のATP供給は，酸素が十分にある場合は呼吸によって，酸素がない場合は乳酸を生成する解糖によって行われる。



安静時には，呼吸によって生じたATPを用いてクレアチンからクレアチンリン酸を合成しており，次の運動に備えている。

まとめ

・筋肉は，低頻度の刺激に対しては単収縮を示し，高頻度の刺激に対しては完全強縮を示す。

・筋肉では，クレアチンリン酸からのリン酸の転移や解糖，呼吸によってATPを合成し，筋収縮に利用している。

Chapter3　演習問題

問　筋収縮について次の<実験１>，<実験２>を行った。

<実験１>

実験動物の骨格筋に運動神経がついたまま取り出したものを神経筋標本という。この運動神経に1回だけ電気刺激を施し，その際の収縮のようすを図1に示す装置を用いて記録した。収縮は刺激後20ミリ秒から始まり，刺激後60ミリ秒でピークに達し，その後し緩して元の状態に戻った（図2）。このような収縮を（　ア　）という。

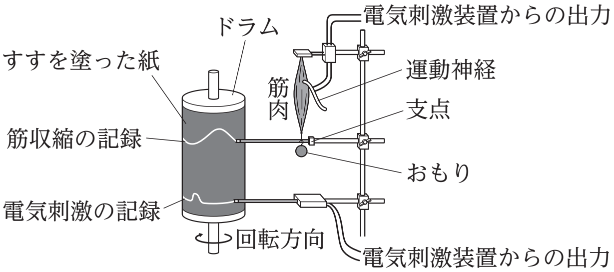


図1

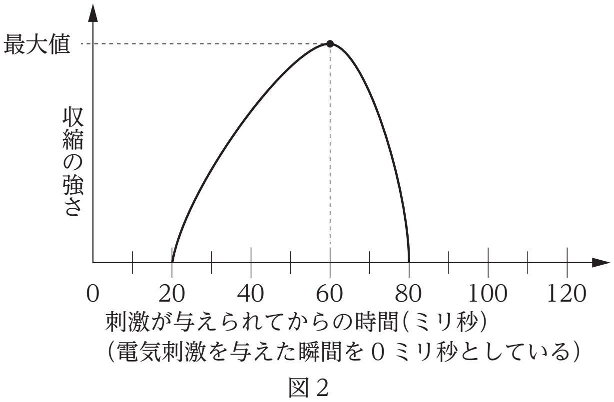


図2

＜実験２＞

実験１と同じ神経筋標本の運動神経に対して，さまざまな条件で刺激し，収縮のようすを記録した（図３）。なお，実験１で観察された収縮は，図３のＡで示す収縮曲線となる。刺激頻度を増やしていくと，図３のＢで示す収縮曲線が得られた。このような変化を示す収縮を（　イ　）という。さらに刺激頻度を増やしていくと，図３のＣで示す収縮曲線が得られた。このような変化を示す収縮を（　ウ　）という。

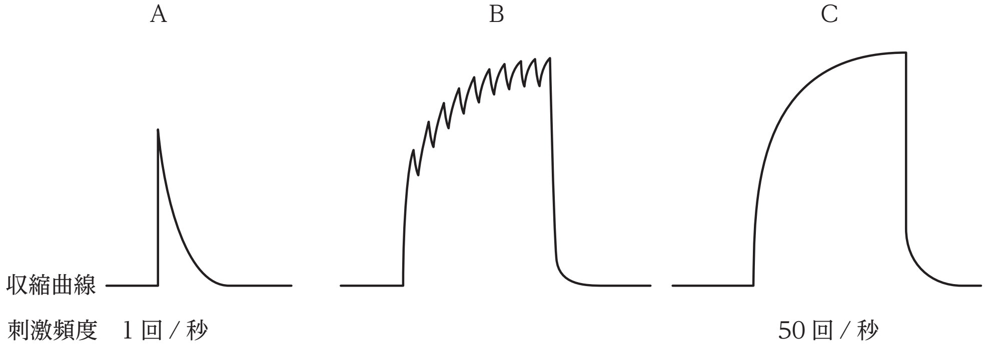


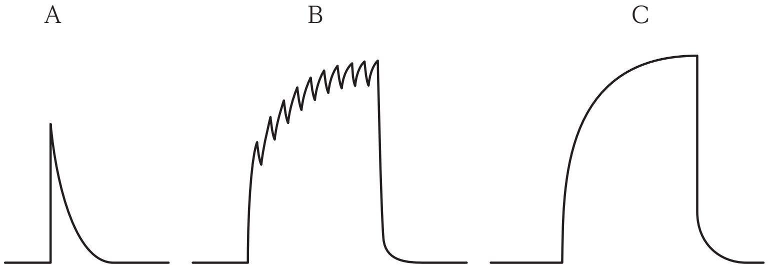
図３

⑴　文章中の空欄（　ア　）～（　ウ　）に入る適切な語句を答えよ。

⑵　筋収縮によって消費された ATP は，骨格筋に多量に含まれている高エネルギーリン酸化合物からリン酸が ADP に受け渡されることによって再合成される。この高エネルギーリン酸化合物は何か。

第 14 講　PART2　確認問題

問 1　次の図は，骨格筋に運動神経がついたまま取り出したものに，さまざまな条件で刺激を与え，収縮のようすを記録したものである。この図について，後の問いに答えよ。



(1)　図中の A の刺激は，さらに 3 つの期間に分けられる。このうち，刺激が与えられてから収縮が始まるまでの期間として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　し緩期　　②　収縮期
③　分裂期　　④　潜伏期

(2)　図中の A ～ C のうち，最も高頻度の刺激に対して観察される収縮はどれか。最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　A　　②　B　　③　C

(3)　図中の A ～ C の収縮の組み合わせとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　A：完全強縮　　B：不完全強縮　　C：単収縮
②　A：不完全強縮　　B：単収縮　　C：完全強縮
③　A：単収縮　　B：不完全強縮　　C：完全強縮
④　A：単収縮　　B：完全強縮　　C：不完全強縮

問２　運動をするとき，筋収縮に必要な ATP は（　ア　）とよばれる物質と ADP から合成される。また，運動によって消費された ATP は，（　イ　）や解糖によって速やかに再合成される。

(1)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　クレアチン　　　②　アデノシン二リン酸
③　アデノシン三リン酸　④　クレアチンリン酸

(2)　文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　化学合成　　②　呼吸
③　発酵　　④　炭素同化

(3)　安静時には，ATP とある物質から再び（　ア　）が合成される。ある物質とは何か。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　クレアチン　　　②　アデノシン二リン酸
③　アデノシン三リン酸　④　クレアチンリン酸

第 15 講　動物の行動

PART1　生得的な行動

目標
・代表的な生得的行動を把握する。
・動物間のコミュニケーションの例を把握する。

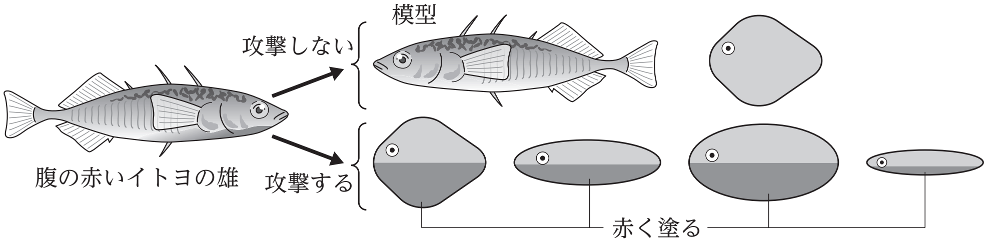
Chapter1　動物の行動

動物の行動は，遺伝的にプログラムされている生得的行動と，経験によって変化する学習による行動が組み合わさって形成されている。

◆ 生得的行動とかぎ刺激

学習や経験がなくても生じる，遺伝的プログラムにもとづいた定型的な行動を生得的行動という。生得的行動は，（　　　　　　　）（信号刺激）によって引き起こされる。

例 イトヨの攻撃行動



赤い腹部がかぎ刺激となり，雄の攻撃行動が生じる。

（　　　　　）：動物が環境中の刺激を目印にして，特定の方向を定めること。

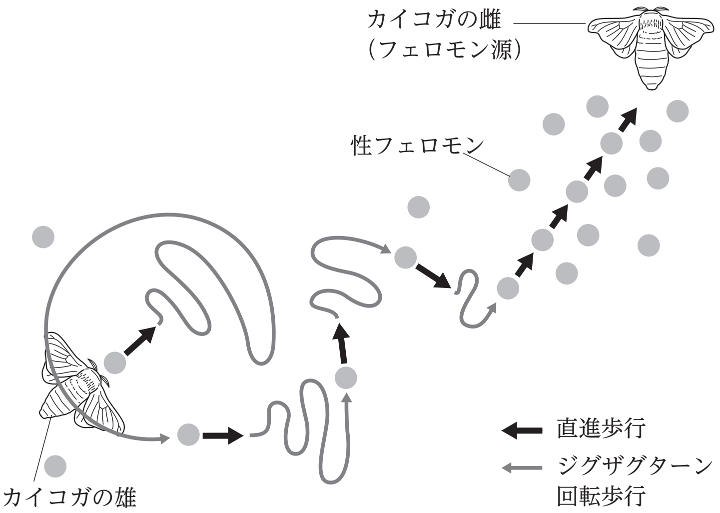
例 走性：刺激源に対して一定の方向に移動する行動。
刺激源に近付く場合は正の走性，遠ざかる場合は負の走性という。

Chapter2　動物間のコミュニケーション

◆ フェロモン

動物の体外に分泌され，同種の他個体に特有の行動を起こさせるかぎ刺激となる物質を（　　　　　　）という。フェロモンには，そのはたらきに応じてさまざまな種類のものが知られている。

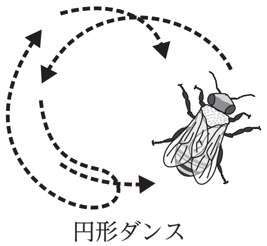
例 道しるべフェロモン，警報フェロモン，性フェロモン



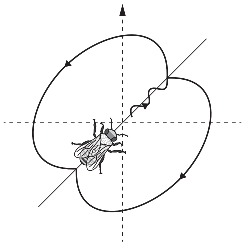
◆ ミツバチのダンス

えさ場を見つけたミツバチは，巣に戻った後にダンスでその場所を伝える。

えさ場が近い場合…円形ダンス

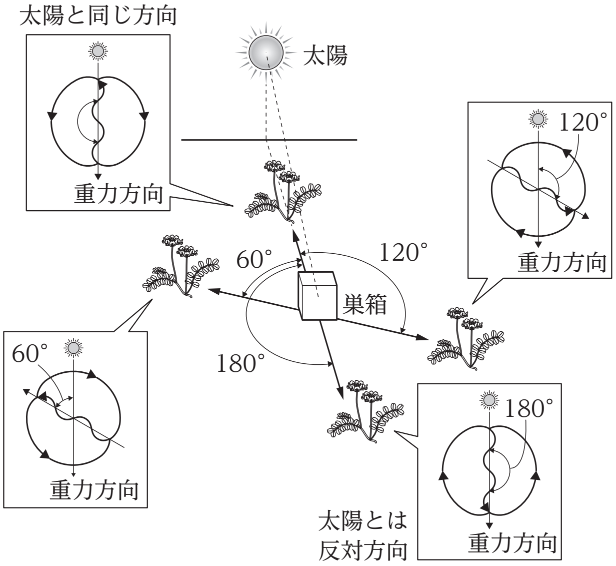


えさ場が遠い場合…8 の字ダンス



8 の字ダンスは，以下の特徴をもっている。

- ハチは巣箱の垂直な板の上で，鉛直上方を太陽の方角と見立ててダンスを行う。
- 「太陽に対するえさ場の方角」＝「鉛直上方に対するダンスの直進方向」として伝えられる。
- えさ場が近いほど，ダンスの速さや直進の速度は増加する。



まとめ

- 生得的行動はかぎ刺激によって起こり，定位などがある。
- 動物間のコミュニケーションにはフェロモンやダンスが利用される。

Chapter3　演習問題

問 1　文章中の空欄（　ア　）～（　エ　）に入る適切な語句を答えよ。

　動物は刺激に対する反応としてさまざまな行動をする。行動のうち，経験や学習がなくても生じる行動を（　ア　）行動といい，（　ア　）行動を引き起こす外部からの刺激を（　イ　）刺激という。

　体内で合成された（　ウ　）とよばれる化学物質が（　イ　）刺激となって，同種の個体に特有の（　ア　）行動を引き起こすことがある。例えば，カイコガの雌は（　エ　）を分泌して雄をひきつける。

問 2　ミツバチの８の字ダンスでは，太陽の方向は鉛直上方に読みかえられ，巣箱から見た太陽の方向とえさ場の方向のなす角度は鉛直上方と尻振りダンスの直進方向とのなす角度として表現される。すなわち，図 1 における太陽とえさ場の角度 θ が，図 2 における鉛直上方と尻振りダンスの直進方向の角度 θ となる。北半球のある国で正午にえさ場から戻ったはたらきバチが図 2 に示すダンスを行い $\theta = 45°$ であった場合，えさ場の方角として正しいものを下の①～⑥のうちから一つ選び，記号で答えよ。

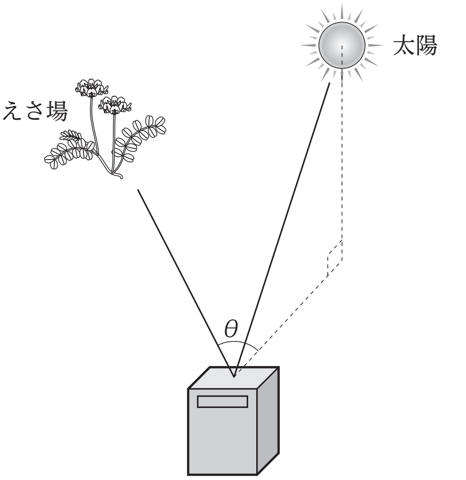


図 1

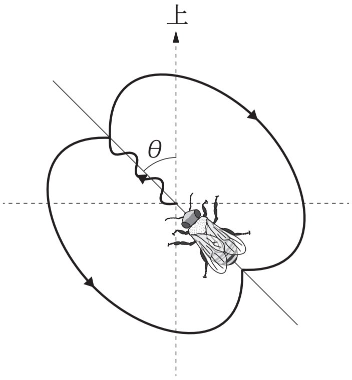


図 2

① 東　② 西　③ 北東
④ 北西　⑤ 南東　⑥ 南西

第 15 講　PART1　確認問題

問 1　動物の行動は，遺伝的にプログラムされている (a)生得的行動と，経験によって変化する学習による行動が組み合わさって形成されている。次の問いに答えよ。

(1)　下線部 (a) について，生得的行動のうち本能的な行動を引き起こすものとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　適刺激　　②　かぎ刺激
③　適応放散　　④　筋節

(2)　動物が環境中の刺激を目印にして，特定の方向を定めることを何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　鋭敏化　　②　慣れ
③　脱慣れ　　④　定位

問 2　動物間のコミュニケーションの 1 つに，フェロモンを介したものがある。例えば，(a)カイコガの雌が雄を引き寄せたり，(b)アリが食物の場所を仲間に知らせたりするために利用される。

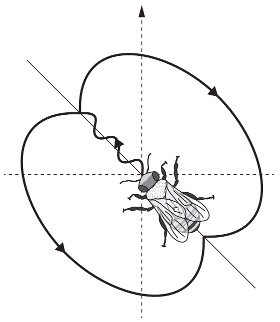
(1)　下線部 (a) を表すフェロモンとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　性フェロモン　　②　集合フェロモン
③　道しるべフェロモン　　④　警報フェロモン

(2)　下線部 (b) を表すフェロモンとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　性フェロモン　　②　集合フェロモン
③　道しるべフェロモン　　④　警報フェロモン

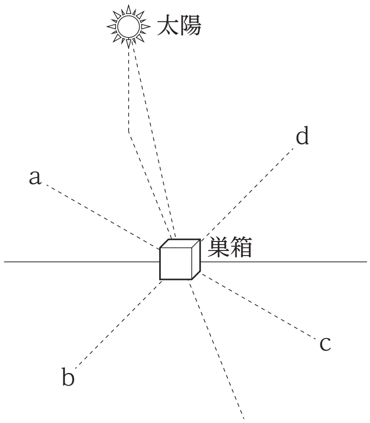
問3　ミツバチはえさ場を見つけると，巣に戻った後にダンスでその場所を伝える。次の図は，ミツバチがするダンスの１つである。



(1)「鉛直上方に対するダンスの直進方向」が表す語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　地面に対するえさ場の方角
②　太陽に対するえさ場の方角
③　巣に対するえさ場の方角
④　北に対するえさ場の方角

(2) 上の図が表すえさ場の方角を表すものとして最も適当なものを，次の図の①～④のうちから一つ選べ。ただし，地面で隣り合う実線と点線のなす角はすべて45°とする。



①　a　　②　b　　③　c　　④　d

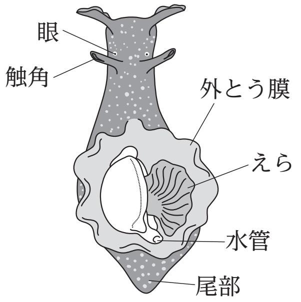
PART2　学習

目標
・学習に分類される行動様式の例を把握する。
・学習の際に起こるニューロンの相互作用を理解する。

Chapter1　学習

生後の経験によって獲得される行動を学習という。

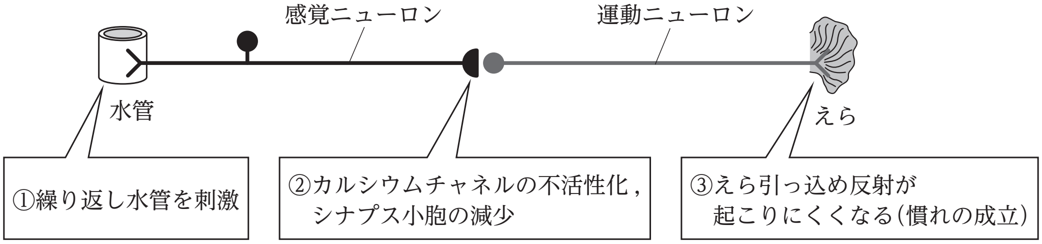
学習は，アメフラシなどで研究が進んでいる。



◆ 慣れ

(　　　　)：繰り返し同じ刺激を受けることで，生じる生得的な反応が小さくなること。

例 アメフラシの水管に接触刺激を与え続けると，徐々にえらを引っ込める程度が小さくなる。

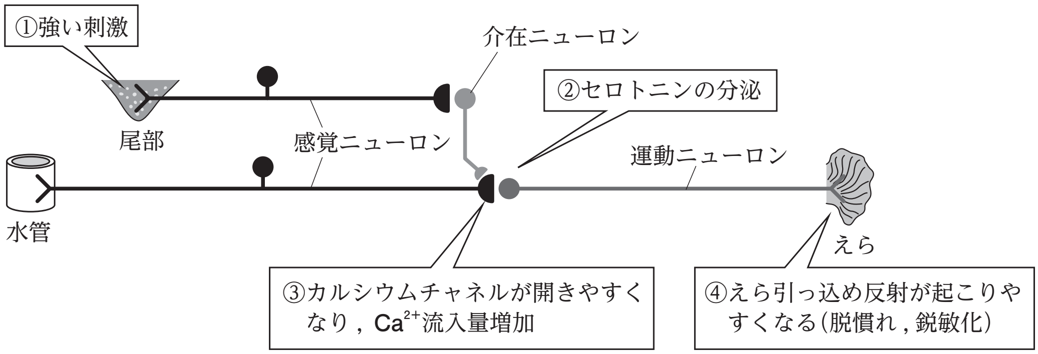


◆ 脱慣れと鋭敏化

（　　　　　　）：慣れを形成させたアメフラシの尾部に強い刺激を与えると，慣れが解除されて弱い刺激でもえらを引っ込め，反射が起こるようになる。

（　　　　　　）：尾部により強い刺激を与えると，通常であれば反応しない弱い水管への刺激でもえらを引っ込め，反射が見られるようになる。

慣れや脱慣れ，鋭敏化では，反応にかかわるニューロンどうしのシナプスにおいて伝達効率が変化している。このような変化をシナプス可塑性という。



Chapter2　条件付け

◆ 古典的条件付け

条件刺激のもとで無条件刺激によって起こる反応を繰り返すと，条件刺激だけで無条件刺激で起こる反応と同じ反応が起きることを，古典的条件付けという。

例 パブロフの実験

条件刺激		無条件刺激		無条件反応
ベルの音	＋	（ えさ	→	唾液 ）

↓ 条件付け成立

ベルの音 → 唾液

◆ オペラント条件付け

自発的な行動とその結果生じる報酬や罰などの出来事が結びついて学習されることを，オペラント条件付けという。

例 押すとえさが出てくるボタンとネズミの反応

まとめ

・学習には，慣れや脱慣れ，鋭敏化，および条件付けなどがある。

・学習が起こる際には，反応にかかわるニューロンの相互作用に変化が生じている。

Chapter3　演習問題

問　アメフラシでは，水管やえらが半露出状態のため，しばしばエビや魚などの攻撃を受けるが，反射的にえらを引っ込めたり（えら引っ込め反射という），紫色の煙幕のような分泌物を出したりして身をまもる。しかし，(a)水管に同じ強さの接触刺激を繰り返し受けると，次第にえらを引っ込める程度が減少し，ほとんど反応しなくなる。このような状態の個体に対し，尾に電気刺激を与えた後に，水管に接触刺激を与えると，再びえらを引っ込めるようになる。これを（　ア　）という。(b)さらに強い刺激を尾に与えると，通常では反応しない程の弱い接触刺激を水管に与えても，えらを引っ込めるようになる。これらの反応は，えら引っ込め反射が増強された現象といえる。尾の感覚ニューロンと接続する（　イ　）は，水管の感覚ニューロン終末と（　ウ　）を形成しており，尾からの刺激を受けて（　エ　）の一種である（　オ　）を放出することで，水管の感覚ニューロン末端からの（　エ　）の放出量を増加させ，これによりえら引っ込め反射が増強される。

⑴　文章中の空欄（　ア　）～（　オ　）に入る最適な語句を答えよ。

⑵　下線部（a）で観察された現象を何というか。

⑶　下線部（b）で観察された現象を何というか。

第15講　PART2　確認問題

問1　経験によって獲得される行動を学習といい，繰り返し同じ刺激を受けることで生じる反応が小さくなる（　ア　），自発的な行動とその結果生じる報酬などの出来事が結びついて学習される（　イ　）などがある。

(1)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　古典的条件付け　　②　オペラント条件付け
③　慣れ　　④　定位

(2)　文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　古典的条件付け　　②　オペラント条件付け
③　慣れ　　④　定位

問2　アメフラシは，背中に水管とえらをもち，水管に刺激を与えるとえらを引っ込める。この刺激に対して慣れが生じているアメフラシの尾部に強い刺激を与えると，(a)慣れが解除され，刺激に対して再びえらを引っ込めるようになる。尾部にさらに強い刺激を与えると，(b)通常では反応しない弱い水管への刺激でもえらを引っ込めるようになる。

(1)　下線部 (a) を表す語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　脱慣れ　　②　条件付け
③　順応　　④　鋭敏化

(2) 下線部 (b) を表す語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 脱慣れ　② 条件付け
③ 順応　④ 鋭敏化

(3) 下線部 (a) や (b) の反応は，尾部に強い刺激を与えると，介在ニューロンからセロトニンが分泌され，水管の感覚ニューロンにおいてあるイオンの流入量が増加することによって起こる。このイオンとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① カリウムイオン　② ナトリウムイオン
③ カルシウムイオン　④ 塩化物イオン

問３ (a)押すと食物が出てくるボタンとネズミの反応，(b)ベルの音を聞くと唾液を分泌するようになるイヌの反応，(c)蜜がある花の色を覚えて行動するミツバチの反応など，動物の行動はさまざまである。下線部 (a) ～ (c) のうち，古典的条件付けの例として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

① a　② b　③ c

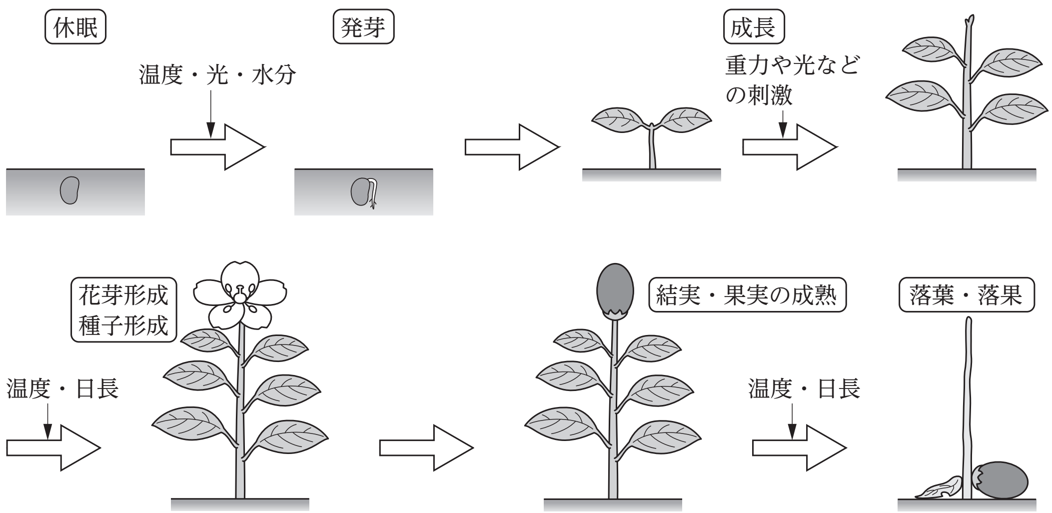
第16講　植物の環境応答

PART1　発芽の調節

目標
・植物の発芽と植物ホルモンの関係を理解する。
・光発芽種子の特性を理解する。

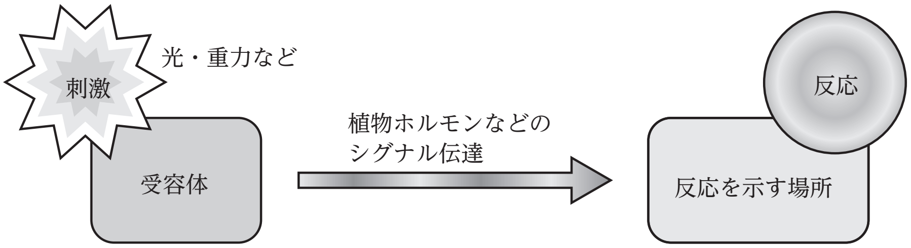
Chapter1　植物の生活史と環境応答

◆ 植物の生活史



◆ 植物の環境応答

植物は，温度や光などの環境要因の変化を感知し，反応するしくみをもっている。



植物は，成長の段階に応じて異なる刺激を受容し，さまざまな反応をしている。

Chapter2　発芽の調節

◆ 種子の休眠

乾燥など生育に不利な時期にある種子は（　　　　　）の状態にあり，活動が停止している。

休眠を維持する植物ホルモン：(　　　　　　　　　)

◆ 種子の発芽

発芽に適した環境になると，植物ホルモンの（　　　　　　　　）が胚で合成され，発芽が促進される。

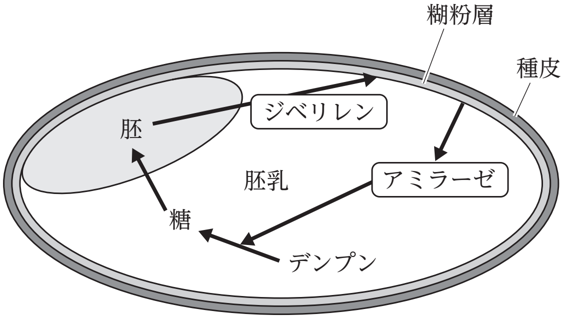
例 オオムギの発芽

① 胚でジベレリンが合成され，糊粉層（こふんそう）に作用する。

② 糊粉層でアミラーゼの合成が促進される。

③ 合成されたアミラーゼは胚乳のデンプンを分解する。

④ 生じた糖によって胚の呼吸が活発になり，発芽が進む。



Chapter3　光発芽種子

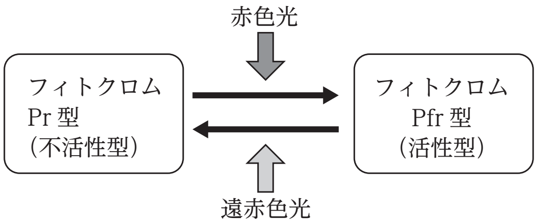
◆ 光発芽種子

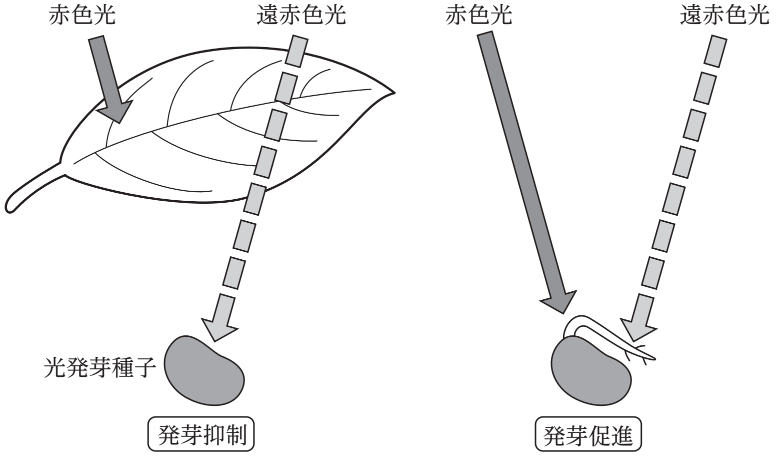
一部の植物の種子は，特定の波長の光によって発芽が促進される。このような種子は（　　　　　　　　）とよばれ，赤色光によって発芽が促進され，遠赤色光によって発芽が抑制される。

例 レタス，タバコ，マツヨイグサ

◆ フィトクロム

光発芽種子は，光受容タンパク質の一種である（　　　　　　　　）によって周囲の光条件を把握している。





まとめ

・種子の発芽は，アブシシン酸によって抑制され，ジベレリンによって促進される。
・光発芽種子はフィトクロムによって光を受容し，赤色光によって発芽が促進される。

Chapter4　演習問題

問　多くの植物の種子では，植物ホルモンを介して休眠や発芽の調節が行われる。植物ホルモンの（　ア　）は発芽を促進し，（　イ　）は発芽を抑制する。レタスなど光発芽種子では，（　ウ　）光が種子に当たると，（　ア　）が合成され，発芽が促進される。胚と胚乳，胚乳を包む糊粉層（こふんそう）からなるイネやオオムギの種子の場合，胚から分泌された（　ア　）が糊粉層に作用して，酵素であるアミラーゼの発現を誘発し，アミラーゼが胚乳中のデンプンを糖に分解する。この糖が胚で利用されて，胚の成長が起こる。

この様子を確かめる実験として，オオムギを使った次のような実験がある。デンプンを含んだ寒天培地（培地A）と，それに（　ア　）を加えた培地（培地B）に，外皮を除いた種子や種子の一部を置き，室温でしばらく置いておくと，アミラーゼが存在する部分のデンプンが分解されて，その部分が溶解する。寒天培地にヨウ素液を散布すると，デンプンが分解されたところだけヨウ素デンプン反応が起こらず，アミラーゼが合成されたかどうか確認できる。

⑴　文章中の空欄（　ア　）～（　ウ　）に入る語句として，最も適当な組合せを，次の①～⑤のうちから一つ選べ。

	ア	イ	ウ
①	アブシシン酸	ジベレリン	遠赤色
②	アブシシン酸	オーキシン	赤色
③	アブシシン酸	オーキシン	遠赤色
④	ジベレリン	アブシシン酸	赤色
⑤	ジベレリン	アブシシン酸	遠赤色

⑵　下線部の実験の結果として，正しいものはどれか。次の①～⑤のうちから最も適切なものを一つ選べ。

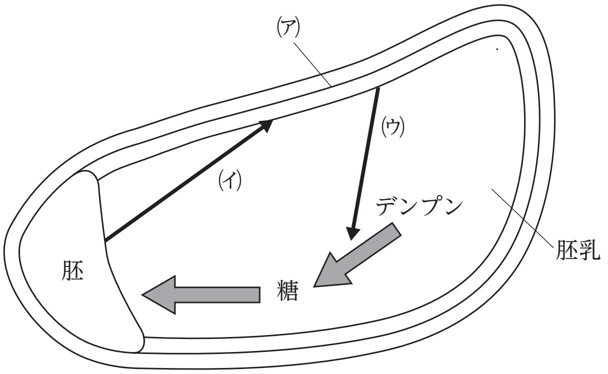
① 胚乳を置いた培地Aの部分は，ヨウ素液で青紫色に染まらなかった。
② 胚乳を置いた培地Bの部分は，ヨウ素液で青紫色に染まらなかった。
③ 胚乳と糊粉層を置いた培地Aの部分は，ヨウ素液で青紫色に染まった。
④ 胚乳と糊粉層を置いた培地Bの部分は，ヨウ素液で青紫色に染まった。
⑤ 胚と胚乳と糊粉層を置いた培地Aの部分は，ヨウ素液で青紫色に染まった。

第16講　PART1　確認問題

問 1　植物は，環境要因の変化を感知して反応するしくみをもっている。植物の種子が発芽するときに感知する環境要因として**適当でないもの**を，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　重力　　②　温度
③　光　　④　水分

問 2　次の図は，オオムギの種子の発芽を模式的に示したものである。この図について，後の問いに答えよ。



(1)　図中の（　ア　）は，オオムギの種子の一部を表している。この部位として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　種皮　　②　珠皮
③　糊粉層　　④　胚膜

(2)　図中の（　イ　）に当てはまる物質として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

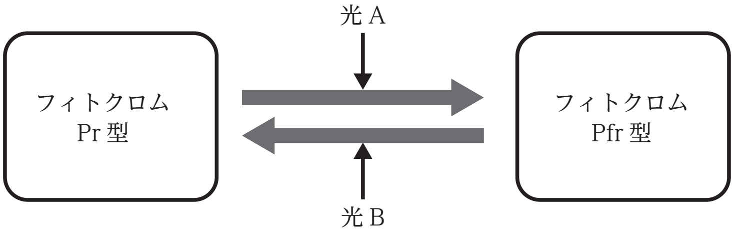
①　オーキシン　　②　ジベレリン
③　アミラーゼ　　④　スクラーゼ

(3)　図中の（　ウ　）に当てはまる物質として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　オーキシン　　②　ジベレリン

③　アミラーゼ　　④　スクラーゼ

問３　光発芽種子は，フィトクロムによって周囲の光条件を把握している。次の図は，フィトクロムの光応答のしくみを模式的に示したものである。この図について，後の問いに答えよ。



(1)　図中の光Aと光Bの組み合わせとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　光A：赤色光　　光B：遠赤色光

②　光A：赤色光　　光B：青色光

③　光A：遠赤色光　光B：赤色光

④　光A：遠赤色光　光B：青色光

(2)　フィトクロムPr型，Pfr型について，活性型と不活性型の組み合わせとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　Pr型：不活性型　　Pfr型：活性型

②　Pr型：活性型　　Pfr型：不活性型

③　Pr型：活性型　　Pfr型：活性型

④　Pr型：不活性型　　Pfr型：不活性型

(3)　光発芽種子に分類される生物として**適当でないもの**を，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　レタス　　②　マツヨイグサ

③　カボチャ　　④　タバコ

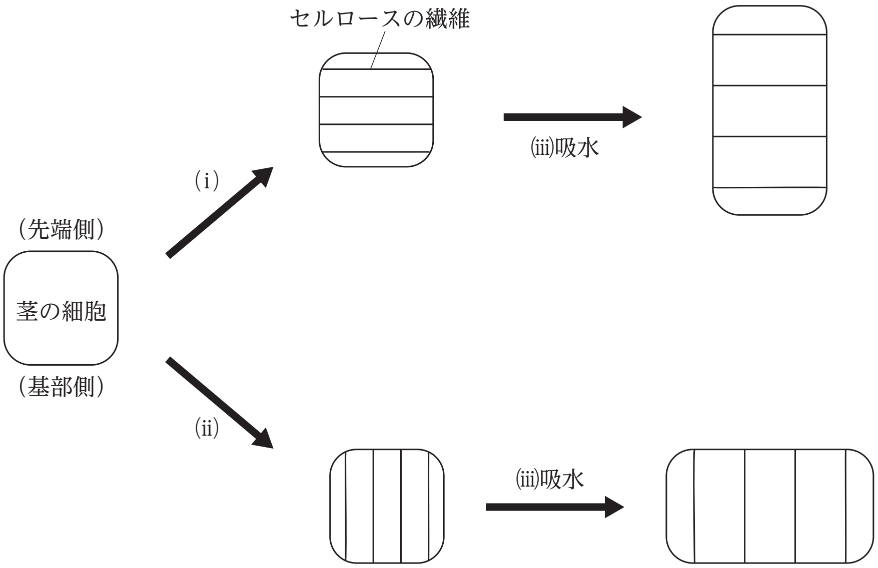
PART2　成長の調節

目標
・植物の成長と植物ホルモンの関係を理解する。
・オーキシンと屈性の関係を理解する。

Chapter1　植物の成長とオーキシン

◆ 植物の成長の方向性

植物の成長には，縦方向に伸びる伸長成長と，横方向に太くなる肥大成長がある。成長の方向性には，さまざまな植物ホルモンが関与している。



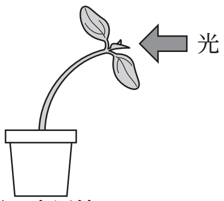
（i）（　　　　　　　　）の作用により，セルロース繊維が横方向にそろう。
（ii）（　　　　　　　）の作用により，セルロース繊維が縦方向にそろう。
（iii）（　　　　　　　　）の作用により，細胞壁が緩まり，吸水が促される。

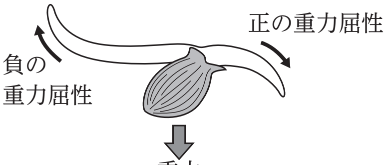
◆ 植物の運動と成長

・(　　　　　)：植物が特定の刺激に対して，一定の角度をもって屈曲する反応。
　刺激源に近づく方向に屈曲：正の屈性
　刺激源から遠ざかる方向に屈曲：負の屈性

例

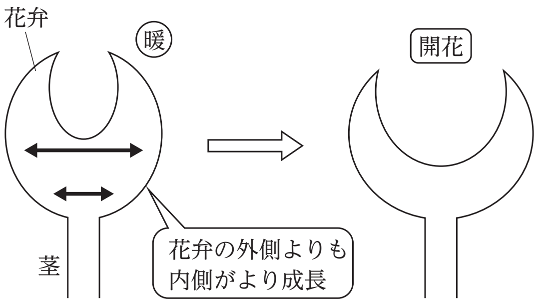
	正	負
光屈性	茎	根
重力屈性	根	茎
接触屈性	巻きひげ	
化学屈性	花粉管	





・(　　　　　)：植物が刺激の方向とは無関係に，ある一定の方向に屈曲する反応。
　例 チューリップの開花（温度傾性）
　　オジギソウの葉の反応（接触傾性）

屈性や一部の傾性は，植物体の成長の部分的な差によって起こる。このような運動を，(　　　　　　)という。



Chapter2　オーキシンと光屈性

◆ オーキシンの特性

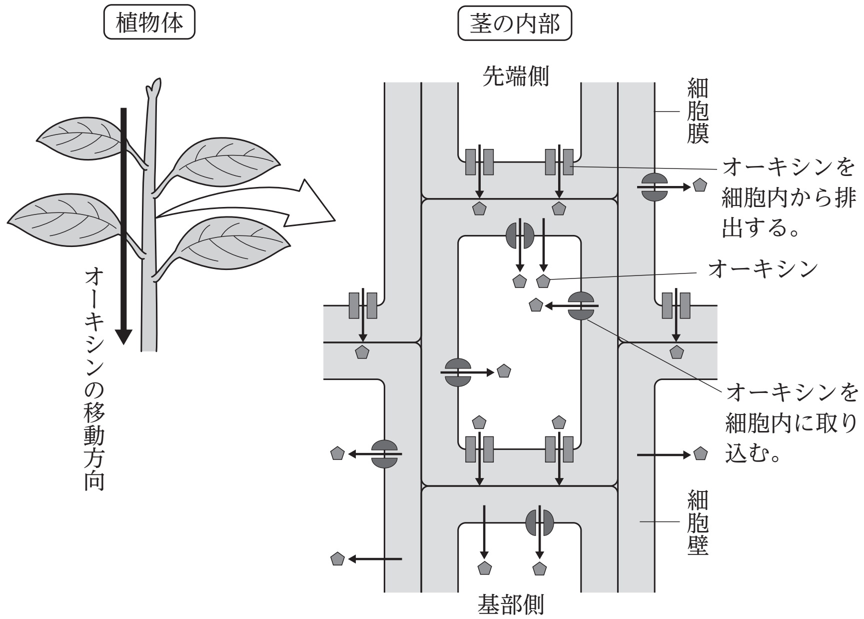
植物の成長の調節には，オーキシンが重要なはたらきを担っている。オーキシンは植物の成長を促進するなどさまざまな作用をもった化学物質の総称であり，植物が合成する天然のものとして，（　　　　　　　　　　）がある。

特性

・おもに成長している植物の先端部で合成され，先端から基部の方向にのみ移動する。このような方向性をもった移動を，（　　　　　　　）という。

・細胞壁を緩めて，植物細胞の吸水を促すことで植物の成長を促進する。

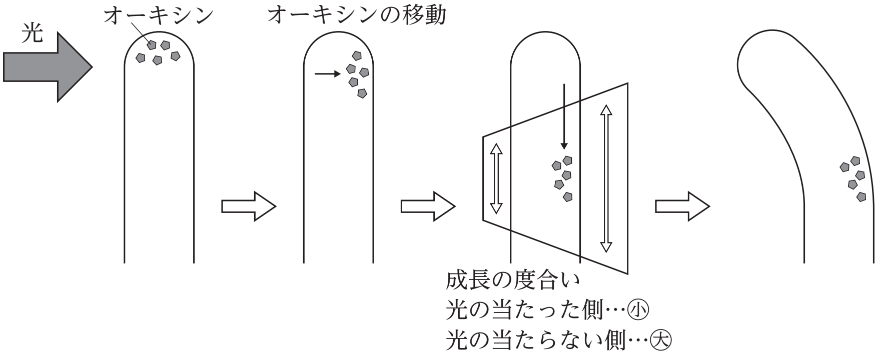
・オーキシンが植物の成長を促進するには最適濃度があり，高濃度では成長抑制の作用を示す。



◆ 光屈性

茎の先端に光を当てると，茎は光の方向に屈曲する。これを正の（　　　　　）という。光屈性は次の機構で起こる。

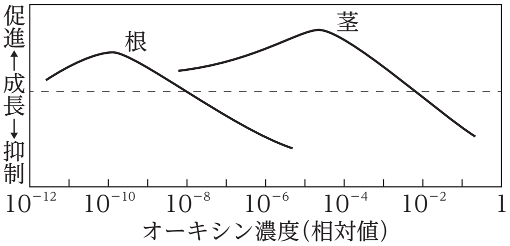
① 茎の先端でオーキシンが合成される。
② 光の刺激は，青色光の受容体である（　　　　　　　　　）によって受容され，そのはたらきによってオーキシンは光が当たっていない側に輸送される。
③ オーキシンがそのまま基部側に下降して成長を促進するため，茎が光の方向に屈曲する。



Chapter3　オーキシンと重力屈性

◆ オーキシンの最適濃度

オーキシン濃度と各器官の成長の影響の関係は，次の図のようになる。

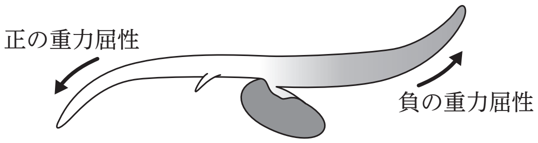


◆ 重力屈性

暗所で植物体を横に寝かせると，根は下向きに，茎は上向きに屈曲する。

根：正の重力屈性

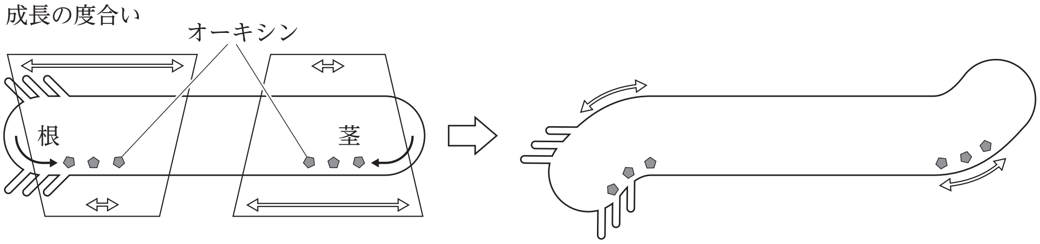
茎：負の重力屈性



・重力刺激によって，茎でも根でも下方のオーキシン濃度が高くなる。

・高濃度のオーキシンによって，感受性の高い根では成長が抑制され，感受性の低い茎では成長が促進される。

・根における重力の感知は，(　　　　　)で起こる。



まとめ

・植物の成長はさまざまな植物ホルモンによって調節されており，屈性や傾性などの植物の運動が起こる。

・光屈性や重力屈性には，オーキシンによる濃度に依存した成長調節がかかわっている。

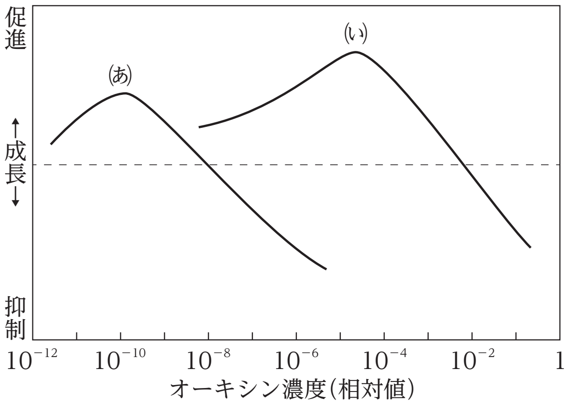
Chapter4　演習問題

問　植物の茎の成長は，茎の個々の細胞が成長することにより起こる。この細胞の成長は，いくつかの植物ホルモンにより調節されている。オーキシンは細胞壁を緩め，さかんに吸水させ，細胞の成長を促進する。このとき，茎の細胞の成長方向は，細胞壁の（　ア　）の並び方によって決まる。ジベレリンは細胞壁の（　ア　）を（　イ　）方向に合成するため，オーキシンが作用すると細胞は（　ウ　）方向に成長しやすくなる。一方，エチレンは細胞壁の（　ア　）を（　エ　）方向に合成するため，オーキシンが作用すると細胞は（　オ　）方向に成長しやすくなる。

　植物は光や重力の刺激を受け，一定の方向に屈曲する。光が刺激の場合は光屈性，重力が刺激の場合は重力屈性とよぶ。光屈性では，茎は刺激の方向へ屈曲し，根は刺激と反対方向へ屈曲する。一方，重力屈性では，茎は刺激と反対方向へ屈曲し，根は刺激の方向へ屈曲する。このように，茎と根では刺激に対する反応が逆になっている。いずれの屈性にもオーキシンが関与しており，茎と根におけるオーキシンの極性移動が変化し，刺激を受けた側の細胞と反対側の細胞との成長の差による（　カ　）によって起こる。

⑴　文章中の（　ア　）～（　カ　）に入る適切な語句を答えよ。

⑵　図は，植物の茎と根の一部を切り取り，異なる濃度のオーキシンを加えて培養したときの成長のようすを示したグラフである。図中の点線は，オーキシンを加えずに培養したときの成長を示す。図中の（あ）と（い）のグラフが表す器官名をそれぞれ答えよ。



第16講　PART2　確認問題

問１　植物の成長には，縦方向に伸びる伸長成長と，横方向に太くなる肥大成長などがあり，成長の方向性には植物ホルモンが関与している。伸長成長では（　ア　）の作用により，セルロース繊維が横方向にそろう。そして，（　イ　）の作用によって細胞壁が緩まり，吸水による細胞の体積増加が促される。一方，肥大成長では（　ウ　）の作用により，セルロース繊維が縦方向にそろい，同様に（　イ　）の作用によって吸水が促される。

(1)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　オーキシン　　②　ジベレリン
③　エチレン　　④　アブシシン酸

(2)　文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　オーキシン　　②　ジベレリン
③　エチレン　　④　アブシシン酸

(3)　文中の（　ウ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　オーキシン　　②　ジベレリン
③　エチレン　　④　アブシシン酸

問２　屈性には，刺激源に近づく正の屈性，刺激源から遠ざかる負の屈性がある。花粉管が伸びるときの屈性の分類として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　正の重力屈性　　②　負の重力屈性
③　正の化学屈性　　④　負の化学屈性

問３　(a)オーキシンはおもに成長している植物体の先端部で合成され，先端から基部の方向に移動して植物の成長を促進する。

茎の光屈性ではまず，茎の先端でオーキシンが合成される。次に，光の刺激が（　ア　）によって受容されると，オーキシンは（　イ　）に輸送される。そして，基部側に下降して成長を促進するため，茎が光の方向に屈曲する。

また，(b)オーキシンの成長促進には最適濃度があり，各器官によってその濃度は異なる。

(1)　下線部 (a) について，植物が合成する天然のオーキシンとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　アブシシン酸　　②　インドール酢酸

③　フェロモン　　④　ミオシン

(2)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　フィトクロム　　②　クリプトクロム

③　クロロフィル　　④　フォトトロピン

(3)　文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　光を照射した側　　②　光を照射していない側

③　光の照射とは無関係

(4)　下線部 (b) について，植物体を横に寝かせると，根は正の重力屈性を，茎は負の重力屈性を示す。このことから，根と茎ではどちらがオーキシンに対する感受性が高いか。適当なものを，次の①，②のうちから一つ選べ。

①　根　　②　茎

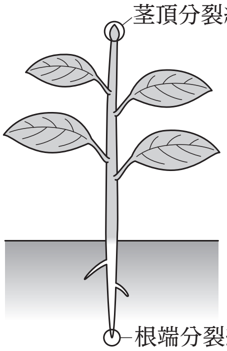
PART3　花芽形成の調節

目標
・植物の器官形成の特徴を理解する。
・植物の花芽形成の機構を理解する。

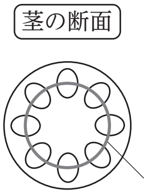
Chapter1　植物の分裂組織と器官の分化

◆ 植物の分裂組織

植物体では，茎の先端の（　　　　　　　　）と根の先端の（　　　　　　　　）で盛んに細胞分裂が行われている。また，多くの被子植物では茎や根に（　　　　　）とよばれる分裂組織があり，肥大成長にかかわっている。



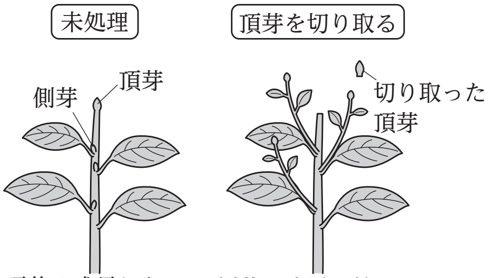
茎頂分裂組織：茎や葉，花が作られる。
根端分裂組織：根が作られる。



◆ 側芽の成長

茎頂分裂組織が若い葉で囲まれたものを（　　　）という。芽には，茎の先端にできる頂芽と，頂芽の下方にできる側芽がある。

頂芽でつくられたオーキシンが下方に伝わり，オーキシンによって側芽の成長が抑制される。これを（　　　　　）という。



Chapter2　花芽形成の調節

◆ 光周性

生物が外部環境の明期や暗期の長さに反応する性質を，(　　　　　　)という。一部の植物では花芽形成において光周性がみられ，その特徴に応じて大きく３種類に分類することができる。

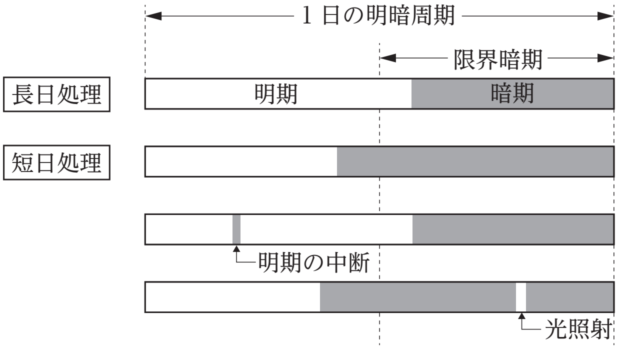
(　　　　　　)：日長が一定以上（連続暗期の長さが一定以下）で花芽を形成。
例 ダイコン，アブラナ，ホウレンソウ，アヤメ，コムギ，ヒメジオン

(　　　　　　)：日長が一定以下（連続暗期の長さが一定以上）で花芽を形成。
例 コスモス，オナモミ，アサガオ，キク，イネ，ダイズ

(　　　　　　)：日長に関係なく，一定の大きさに成長すると花芽を形成。
例 エンドウ，トマト，キュウリ，ナス，ヒマワリ，トウモロコシ

◆ 限界暗期

光周性を示す植物は，明期の長さではなく，連続した暗期の長さに応じて花芽を形成する。花芽形成に影響を与える一定期間の連続した暗期を(　　　　　　)という。限界暗期の長さは植物によって異なる。



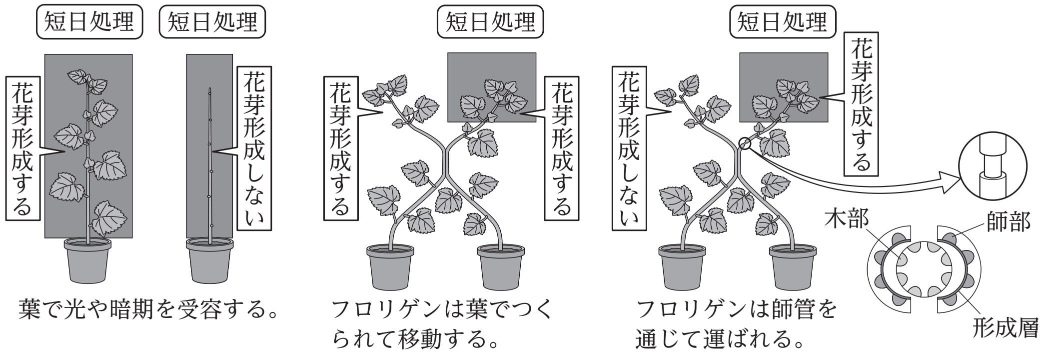
花芽形成	
長日植物	短日植物
する	しない
しない	する
する	しない
する	しない

光刺激の受容には，葉に存在する赤色光受容体の(　　　　　　　)が関与している。

◆ フロリゲン

適切な光刺激を受けた植物の葉では，花成ホルモンである（　　　　　　　）が合成される。フロリゲンは師管を通じて葉から茎頂まで運ばれ，花芽の形成を促す。

例 FT タンパク質（シロイヌナズナ）



◆ 春化

一部の長日植物では，あらかじめ低温刺激を経験した上で長日条件が与えられることで，花芽を形成するものがある。この場合の低温処理を（　　　　）処理という。

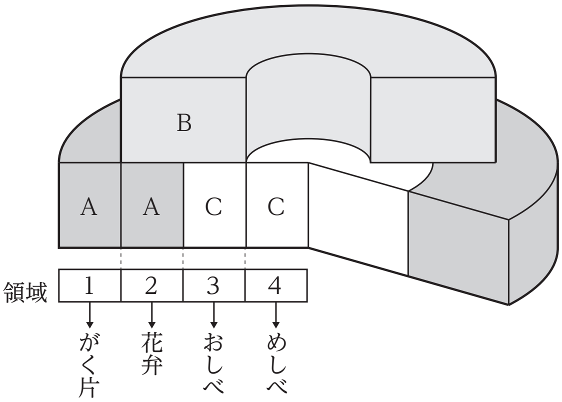
Chapter3　花芽形成のABCモデル

◆ ABCモデル

花芽形成の際に，3種類の調節遺伝子が特定の領域で発現する。発現する遺伝子の組み合わせによって，領域ごとに形成される花器官が決定する。これらの遺伝子に突然変異が生じると，器官が入れ替わった突然変異体が生じるため，（　　　　　　　　）遺伝子の一種である。

A遺伝子…外側の領域1，2で発現
B遺伝子…中央の領域2，3で発現
C遺伝子…内側の領域3，4で発現

Aのみ　→　がく片
A＋B　→　花弁
B＋C　→　おしべ
Cのみ　→　めしべ



A遺伝子とC遺伝子は，お互いの発現を抑制するようにはたらいているため，一方が失われると，もう一方が全領域で発現するようになる。

まとめ

・植物は特定の位置にある分裂組織で分裂が進み，新しい器官が形成される。
・植物の花芽形成には連続暗期が大きく影響しており，その特性に応じて長日植物や短日植物に分けられる。

Chapter4　演習問題

問　花のもとになる花芽の形成は，昼の長さ（明期）ではなく，夜の長さ（暗期）の影響を受ける。植物の活動が，こうした日照時間（日長）によって変化する性質を（　ア　）という。暗期の長さは葉で感知され，そこで形成された（　イ　）が植物体内を移動し，花芽の形成を促進すると考えられている。

暗期が，(a)<u>限界暗期より短いときに花芽を形成する植物</u>を（　ウ　）といい，(b)<u>限界暗期より長いときに花芽を形成する植物</u>を（　エ　）という。光照射によって暗期が限界暗期より短くなると，（　エ　）は花芽を形成しなくなる。

花芽形成には，日照時間以外に温度が影響することもある。秋まきコムギの発芽種子を春にまくと，開花および結実は起こらないが，一定期間1～10℃の低温で処理すると，春にまいても開花および結実が起こる。このように，低温処理によって花芽形成が促進される現象を（　オ　）という。

⑴　文章中の空欄（　ア　）～（　オ　）に入る最も適切な語句を答えよ。

⑵　下線部(a)および(b)に分類される最も適切な植物を，次から一つずつ選べ。

ダイズ　・　トマト　・　ホウレンソウ　・　トウモロコシ　・　エンドウ

⑶　限界暗期が10時間であるキクを用いて，図の実験(A)～実験(D)に示す条件で，花芽が形成されるかどうかを調べた。実験(A)～実験(D)それぞれについて，花芽が形成される場合は○，形成されない場合は×で答えよ。

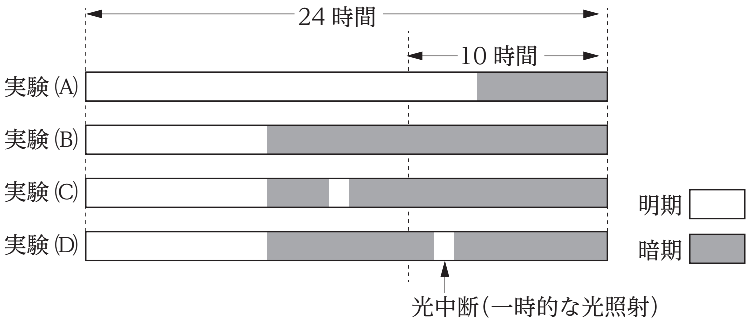


図1　花芽形成に及ぼす光照射条件

< Note >

第16講　PART3　確認問題

問１　植物体では，茎や根の先端で盛んに細胞分裂が行われている。多くの被子植物では，肥大成長にかかわっている（　ア　）という分裂組織がある。

芽には，茎の先端にできる頂芽と，頂芽の下方にできる側芽がある。側芽の成長は（　イ　）によって抑制される。

(1)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 茎頂分裂組織　　② 根端分裂組織
③ 頂端分裂組織　　④ 形成層

(2)　文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① ジベレリン　　② サイトカイニン
③ オーキシン　　④ アブシシン酸

問２　生物は，(a)<u>外部環境の明期や暗期の長さに反応する性質</u>をもつ。一部の植物では，花芽形成においてこの性質がみられ，特徴に応じて (b)<u>長日植物</u>，(c)<u>短日植物</u>などに分類することができる。

(1)　下線部 (a) の性質を何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 光周性　　② 定位
③ 日周性　　④ サーカディアンリズム

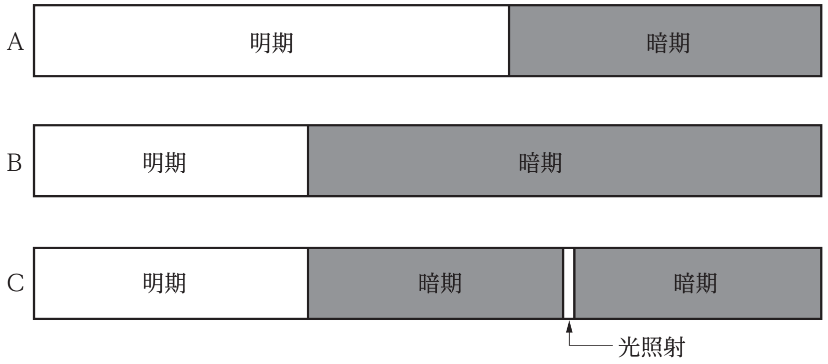
⑵　下線部 (b) について，長日植物に分類される植物として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　コスモス　　②　オナモミ
③　エンドウ　　④　ダイコン

⑶　下線部 (c) について，短日植物に分類される植物として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　アブラナ　　②　アサガオ
③　ホウレンソウ　　④　コムギ

問３　植物には，一定期間の連続した暗期（限界暗期）に応じて花芽形成を調節するものがあり，限界暗期の長さは植物の種類により異なる。次の図のように，ある短日植物にさまざまな周期の明期と暗期を与えた。



⑴　A では花芽を形成しなかったが，B では花芽を形成した。C の明暗周期における花芽形成として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　花芽を形成した。　　②　花芽を形成しなかった。
③　花芽を形成したものとしなかったものがあった。

⑵　葉に存在し，赤色光を受容する光受容体として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　フィトクロム　　②　クリプトクロム
③　クロロフィル　　④　フォトトロピン

PART4　環境の変化に対する応答

目標
・気孔の開閉のしくみを理解する。
・さまざまな環境の変化に対する植物の応答を把握する。

Chapter1　気孔の開閉

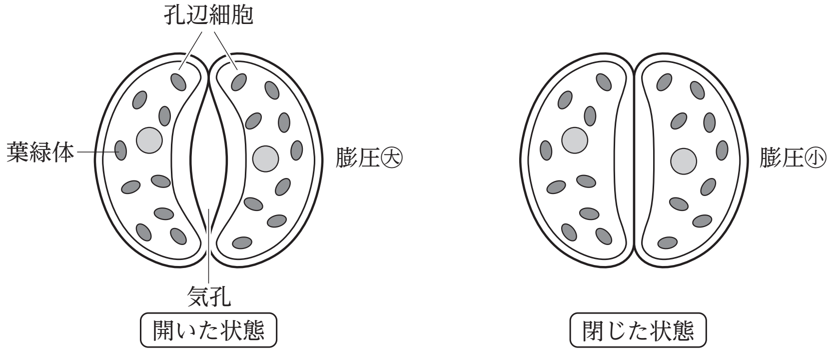
◆ 気孔の開閉の調節

植物の葉には，孔辺細胞に囲まれた（　　　　）が存在し，光合成の際に必要な二酸化炭素や蒸散の際の水の移動経路となる。光の強さや土壌の水分量などの影響を受けて，気孔の開き具合が調節される。

青色光を（　　　　　　　　　）が受容　→　気孔の開口
乾燥によって（　　　　　　　　）の合成　→　気孔の閉鎖

◆ 気孔開口のしくみ

① 青色光を受容した結果，カリウムチャネルが開き，孔辺細胞内に K^+ が流入する。
② 孔辺細胞の浸透圧が上昇することで，孔辺細胞内に水が流入する。
③ 孔辺細胞の気孔側の細胞壁が厚くなっているため，孔辺細胞が吸水して膨張した結果歪んで気孔が開く。



※植物細胞が吸水すると，細胞壁を押し広げようとする圧力が生じる。この圧力を（　　　　）という。

Chapter2　植物の環境への応答

◆ 食害への応答

昆虫などから食害を受けた葉では，ジャスモン酸が合成される。ジャスモン酸の作用を受けた周囲の葉では，昆虫の消化酵素を阻害する物質が合成されるため，さらに食害が拡大することを防ぐことができる。

◆ 病原体への応答

植物がウイルスなどの病原体に感染すると，周囲の細胞の細胞死が誘導されて感染の拡大を防ぐ場合がある。また，エチレンの作用によりウイルスの増殖を抑制する物質の合成が促される。

◆ 低温への応答

低温の刺激を受けた植物体内では，糖やアミノ酸の合成が促進される。その結果，植物細胞内の濃度が高まり凝固点が降下するため，細胞が凍結しにくくなる。

まとめ

・気孔の開閉は青色光の照射や乾燥によって起こり，孔辺細胞への水の出入りによって調節されている。

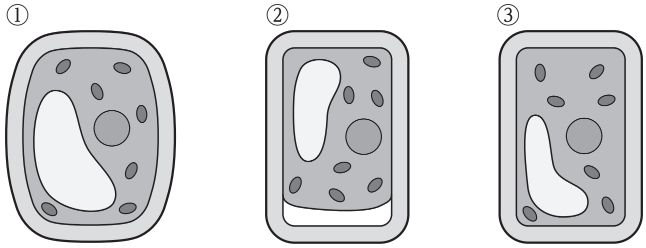
・植物には，食害や病原体，低温に対して固有の反応を示すことで，それぞれの害が広がることを防いでいる。

Chapter3　演習問題

問　植物は気孔を開いて，光合成に用いる CO_2 を吸収する。（　ア　）個の孔辺細胞からなる 1 つの気孔は，孔辺細胞の（　イ　）の変化によって開閉する。孔辺細胞の細胞壁の厚さは，内側（気孔側）が（　ウ　）。逆に外側は（　エ　）。植物に（　オ　）光が照射されると，孔辺細胞の浸透圧が上昇することで孔辺細胞内に水が流入する。吸水によって孔辺細胞は膨張し，孔辺細胞の（　イ　）が上昇するため，気孔が（　カ　）。また，乾燥が厳しくなると植物ホルモンの（　キ　）が合成され，気孔は（　ク　）。

⑴　文章中の空欄（　ア　）～（　ク　）にあてはまる最も適切な語句を答えよ。

⑵　気孔が開いているときの孔辺細胞と同じ状態にある細胞の模式図として適切なものを，次の①～③のうちから 1 つ選び，記号で答えよ。



< Note >

第16講　PART4　確認問題

問１　植物の葉には，孔辺細胞に囲まれたすき間である (a)気孔が存在している。気孔は，外部環境により開閉が調節されている。例えば，葉に光が当たると，(b)青色光を（　ア　）が受容して気孔が開く。一方，乾燥状態になると，（　イ　）が合成されて気孔は閉じる。

(1)　下線部 (a) について，気孔は何の移動経路となるか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　DNA　　②　二酸化炭素
③　タンパク質　　④　デンプン

(2)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　クリプトクロム　　②　フィトクロム
③　クロロフィル　　④　フォトトロピン

(3)　気孔の開口について，下線部 (b) 以降のしくみを述べた次の文章（A ～ C）を正しい順に並べたものとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

A　孔辺細胞が吸水して膨張する。
B　孔辺細胞の浸透圧が上昇する。
C　カリウムチャネルが開き K^+ が流入する。

①　B→A→C　　②　B→C→A
③　C→A→B　　④　C→B→A

⑷　文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　アブシシン酸　　②　ジベレリン
③　エチレン　　④　オーキシン

問２　植物は，昆虫や病原体などからも身を守っている。

例えば，昆虫から食害を受けた葉では（　ア　）により，昆虫の消化酵素を阻害する物質が合成されるようになる。

また，ウイルスなどの病原体に感染すると，（　イ　）によりウイルスの増殖を抑制する物質の合成が促される。

⑴　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　クエン酸　　②　ジャスモン酸
③　インドール酢酸　　④　アミノ酸

⑵　文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　クエン酸　　②　インドール酢酸
③　エチレン　　④　アミノ酸

PART5　植物の配偶子形成と受精

目標
・被子植物の配偶子形成の過程を理解する。
・被子植物の重複受精を把握する。

Chapter1　植物の配偶子形成

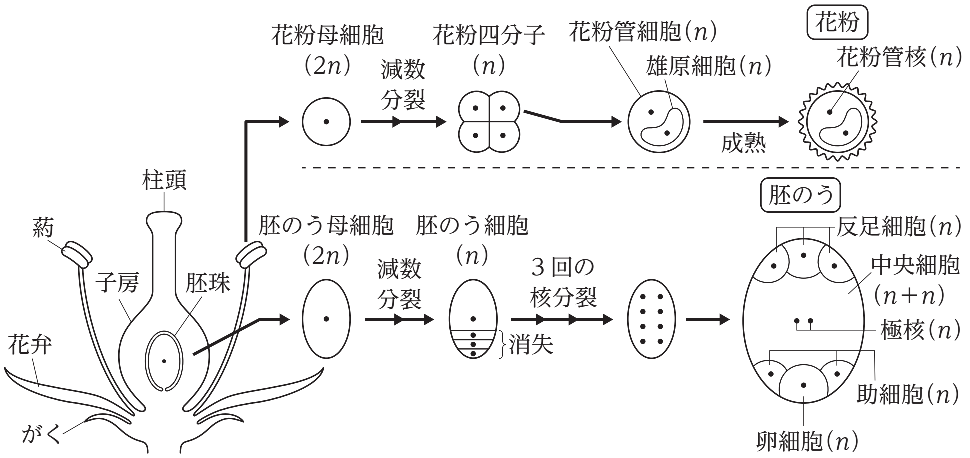
被子植物では，減数分裂で生じた細胞がさらに何度かの分裂を経て，精細胞や卵細胞などの配偶子が形成される。

◆ 花粉や精細胞の形成

被子植物では，雄しべの先端のやく（葯）で減数分裂が起こる。（　　　　　　　）が減数分裂した結果，（　　　　　　　）が生じる。花粉四分子の細胞は，1つ1つ分離して若い（　　　　）となり，さらに分裂して大きな（　　　　　　　）と小さな（　　　　　）が生じる。受粉後に花粉管が伸長し，花粉管内で雄原細胞が細胞分裂をすることで2つの（　　　　　）が生じる。

◆ 胚のうや卵細胞の形成

雌しべの下の膨らみは子房といい，その中の（　　　　）では（　　　　　　　　）が減数分裂した結果，大きな（　　　　　　　）と3個の小型の細胞が生じる。胚のう細胞は3回の核分裂を経て，3個の（　　　　　　）・2個の（　　　　　）・2個の（　　　　）をもつ1個の（　　　　　　），および1個の（　　　　　）からなる（　　　　　）が形成される。



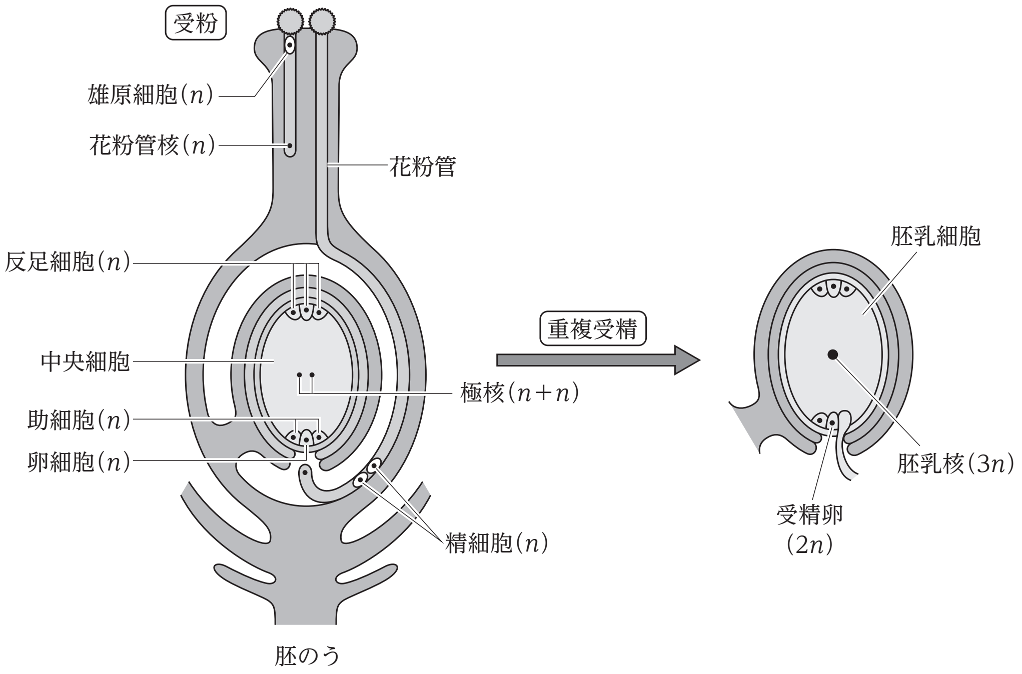
Chapter2　被子植物の受精と種子

◆ 重複受精

花粉管の中の２つの精細胞のうち，一方は卵細胞と，もう一方は中央細胞と融合する。この過程は（　　　　　　）とよばれ，被子植物だけに見られる。

卵細胞（n）　　＋　精細胞（n）→　受精卵（$2n$）　→（　　　）

中央細胞（$n+n$）＋　精細胞（n）→　胚乳細胞（$3n$）→（　　　　）



◆ 種子と幼植物

被子植物では，重複受精によって胚，胚乳，および珠皮が変化した種皮からなる（　　　　）が形成される。受精卵由来の胚は発生を進めて，幼芽・子葉・胚軸・幼根からなる幼植物となっていく。

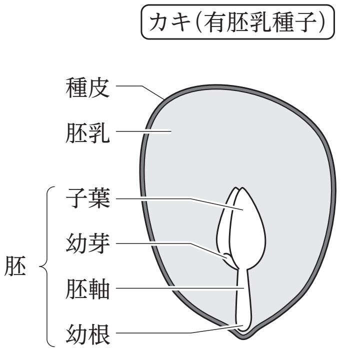
胚乳には，胚の発生のための養分が貯蔵されている。胚乳をもつ（　　　　　　　）に対して，一部の植物では胚乳が発達せず，子葉に養分が貯蔵される。このような種子は（　　　　　　　）とよばれる。

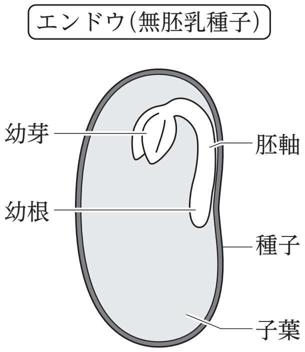
有胚乳種子

例 単子葉類，カキ

無胚乳種子

例 マメ科，ナズナ，クリ





まとめ

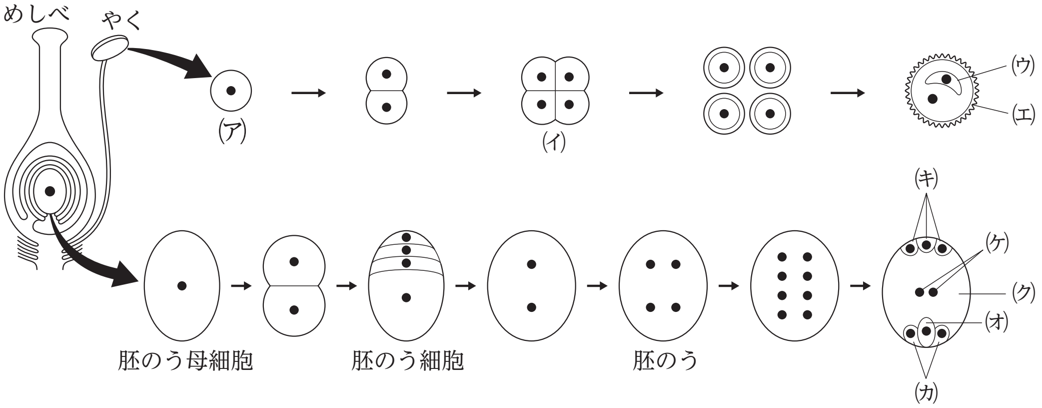
- 被子植物では，減数分裂を経て，やくでは花粉が，胚珠では胚のうが形成され，さらに分裂が進むことで精細胞や卵細胞が形成される。
- 被子植物の重複受精では，卵細胞と精細胞の融合で生じた受精卵からは胚が，中央細胞と精細胞の融合で生じた細胞からは胚乳が生じる。

Chapter3　演習問題

問　図は被子植物の配偶子形成の過程を示す。若いおしべのやくの中で，（　ア　）は減数分裂によって（　イ　）とよばれる未熟花粉の集まりとなる。未熟花粉は核分裂によって2個の核を生じる。そのうちの1個は細胞膜に取り囲まれて（　ウ　）となり，もう一方の核をもつ（　エ　）の細胞質中に取り込まれた状態で，成熟した花粉となる。

一方，めしべの子房内にある胚珠では，胚のう母細胞が減数分裂によって1個の胚のう細胞と3個の小さな細胞になる。胚のう細胞の核は3回分裂して8個の核をもつ胚のうとなる。成熟した胚のうでは，8個の核のうち6個が細胞膜で仕切られ，1個の（　オ　），2個の（　カ　），3個の（　キ　）を生じる。胚のうの細胞質の大部分を含む細胞は（　ク　）とよばれ，（　ケ　）とよばれる残りの2個の核をもつ。

花粉はめしべの柱頭につくと発芽して，花粉管を胚珠に向かって伸ばす。（　ウ　）は花粉管の中で1回分裂して2個の（　コ　）となり，そのうちの1個は（　オ　）と融合して受精卵になり，もう1個は（　ク　）と融合して胚乳となる。



(1)　文章中と図中の空欄（　ア　）～（　コ　）に入る最も適切な語句を答えよ。

(2)　下線部について，このような受精の様式を何というか。

(3)　この植物の染色体数は $2n = 18$ である。①受精卵と，②胚乳の染色体数はそれぞれいくつか答えよ。

第16講　PART5　確認問題

問1　被子植物では，雄しべの先端のやくで減数分裂が起こる。花粉母細胞が減数分裂した結果，（　ア　）が生じる。これは分離して花粉となり，さらに分裂によって2つの細胞が生じる。このうち，（　イ　）がさらに細胞分裂をすることで，2つの精細胞が生じる。

一方，雌しべの柱頭の下方に存在する子房の中の胚珠では，胚のう母細胞が減数分裂した結果，大きな（　ウ　）が生じる。これは，その後（　エ　）回の核分裂を経て，胚のうが形成される。胚のうは (a) 反足細胞，助細胞，中央細胞および卵細胞からなる。

(1)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　花粉四分子　　②　花粉管細胞
③　雄原細胞　　④　一次精母細胞

(2)　文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　花粉四分子　　②　花粉管細胞
③　雄原細胞　　④　一次精母細胞

(3)　文中の（　ウ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　極核　　②　極体
③　始原生殖細胞　　④　胚のう細胞

⑷ 文中の（ エ ）に当てはまる数として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4

⑸ 下線部 (a) について，3 個の反足細胞が形成されるときの助細胞の個数として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 1 個 ② 2 個

③ 3 個 ④ 4 個

⑹ 1 個の花粉母細胞から，何個の精細胞が生じるか。その個数として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 1 個 ② 4 個

③ 8 個 ④ 16 個

問２ 被子植物だけにみられる重複受精では，2 つの精細胞のうち 1 つは卵細胞と受精する。もう 1 つは何細胞と融合するか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 雄原細胞 ② 中央細胞

③ 胚乳細胞 ④ 反足細胞

問３ 胚乳には，胚の発生のための養分を貯蔵するはたらきがあるが，一部の植物では胚乳は未発達で，かわりに子葉に養分が貯蔵される。これらを無胚乳種子とよぶ。次の①～④のうち，無胚乳種子に属する植物として最も適当なものを一つ選べ。

① カキ ② トウモロコシ

③ インゲンマメ ④ ユリ

第 17 講　生物の集団

PART1　個体群と個体群密度

目標
・個体群の定義とその特性を理解する。
・成長曲線と密度効果の影響を把握する。

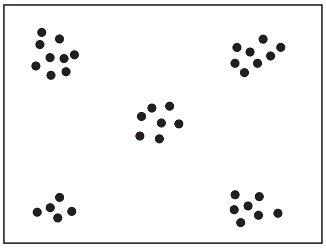
Chapter1　個体群とその特性

◆ 個体群

同種の個体の集まりを，（　　　　　）という。個体群内の個体どうしは遺伝的な交流があり，山や谷などによって地理的に隔てられている場合は，別の個体群に属しているとみなされる。

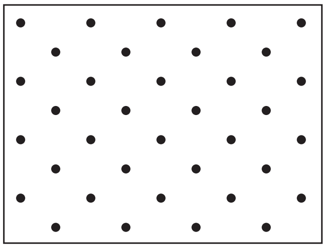
◆ 個体群内の個体の分布

個体群内の個体の分布は，次の３つに分類される。



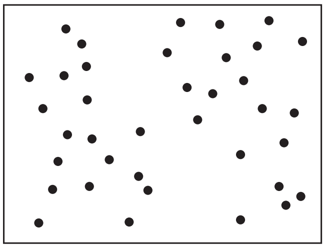
（　　　　　　　）

例 群れをつくる動物



（　　　　　　　）

例 縄張りをつくる動物



（　　　　　　　）

例 風に散布された種子が発芽した場合など

◆ 個体群密度

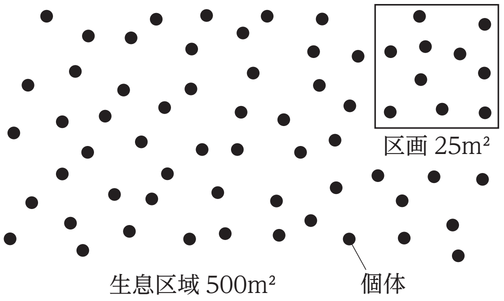
個体群の大きさの指標として，単位面積や空間当たりの個体数である

（　　　　　　　）が用いられる。

$$\text{個体群密度} = \frac{\text{個体群全体の個体数}}{\text{個体群が生息する面積}}$$

個体数を調査する際は，調査対象の生物の生態に応じた方法が取られる。

・（　　　　　）…植物や移動しにくい動物に対して用いる。

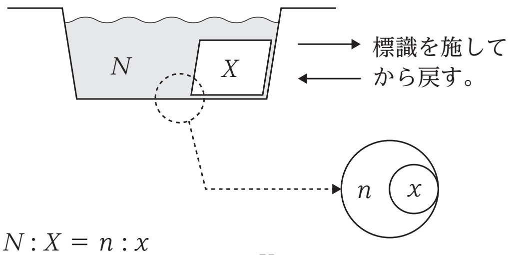


全体の推定個体数は，

$$10\text{ 個体} \times \frac{500\text{m}^2}{25\text{m}^2} = 200\text{ 個体}$$

・（　　　　　　　）…よく動き，行動範囲が広い動物に対して用いる。

例 ある池に生息する魚 A 種の個体数を N とする。一度目に X 匹を捕獲し，標識してから池に戻す。一定期間後に再捕獲した際に，n 匹中 x 匹に標識がついていたとすると，$N : X = n : x$ より，$N = nX / x$ 匹であると推測できる。



$$N : X = n : x$$

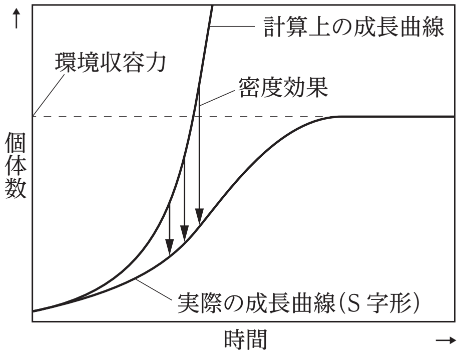
$$\longrightarrow N := \frac{nX}{x}\text{ 匹}$$

Chapter2　成長曲線と密度効果

◆ 成長曲線

個体群を構成する個体の数が増加することを（　　　　　　　　　　）という。理想的な環境下では，個体群は一定の割合で増加するが，実際の環境では，個体群密度の増加に伴って共通の資源をめぐる（　　　　　　　）が激しくなるため，出生率の低下や死亡率の増加が起こり，個体数は（　　　　　　　）に収束するようになる。

個体群の成長の時間経過を示したグラフは，（　　　　　　　）とよばれる。

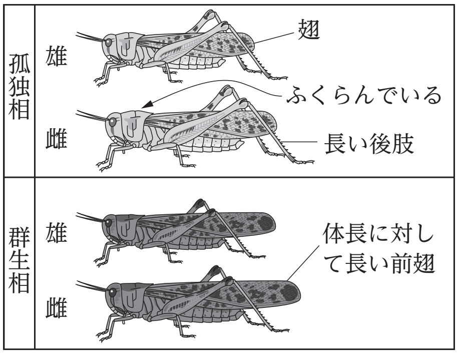


◆ 密度効果

個体群密度が大きくなると，資源の不足，老廃物の影響などによって個体群の成長は抑制される。このように，個体群密度の変化に伴って，個体群を構成する個体の発育や生理が変化することを（　　　　　　）という。

・(　　　　　　)

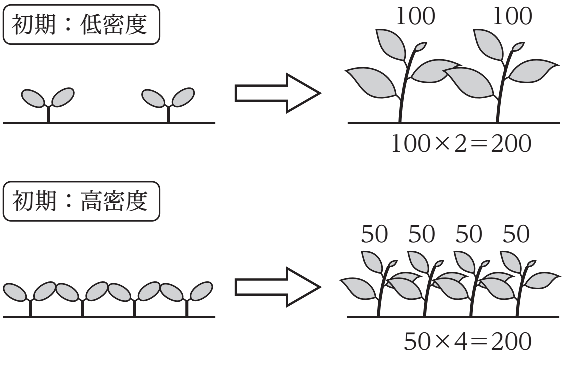
：個体群密度の影響によって，生物の形態や生理，行動に大きな変化が生じる現象。



	前翅（まえばね）	後肢（うしろあし）	集合性	産卵数
孤独相	短い	長い	なし	多い
群生相	長い	短い	あり	少ない

・(　　　　　　　　　　　)

：単位面積当たりの植物の個体群全体の質量は，時間が経過すると，初期の個体群密度によらずほぼ一定になる。



まとめ

・同種個体の集まりを個体群といい，その成長は成長曲線によって示される。
・密度効果の例として，相変異や最終収量一定の法則などがある。

Chapter3　演習問題

ある地域で生活する同種の生物の集団は，(　ア　) とよばれる。一般に，(　ア　) の大きさは，個体数や個体群密度で表される。個体数や個体群密度の増加を表すグラフは (　イ　) とよばれる。(　ア　) を構成する生物は，(a)食物や生活空間など生存と繁殖に必要な資源に制限がない場合には，際限なく増えていく。(b)ある大きさの容器に一定量の栄養分を含む培地を入れ，その中でゾウリムシを培養すると，はじめは急速に個体数が増加し個体群密度が高まる。その後，増加の割合はしだいに小さくなり，個体群密度はやがて一定となる。ある条件のもとで成長した (　ア　) の大きさがほぼ一定となったときの個体群密度は (　ウ　) とよばれる。

トノサマバッタはしばしば大発生し，個体群密度が増大すると，(　エ　) によって幼虫の内分泌活動が変化し，体長に対して前翅(まえばね)が長く後肢(うしろあし)が短い成虫になる。この成虫は，体内に大量の脂肪を蓄え，長距離を群飛して移動するなど，通常とは異なった形態や行動をとる。このように，個体群密度に応じて同一種の形態や行動に著しい違いが生じることを (　オ　) という。個体群密度が小さいときの状態は (　カ　)，大きいときの状態は (　キ　) とよばれる。

問 1　文中の空欄 (　ア　) ～ (　キ　) に入る適切な語句を答えよ。

問 2　図 1 は (　イ　) の変化を時間経過とともに示したものである。下線部 (a)・(b) に該当するグラフとして最も適当なものを，あとの A ～ C のうちからそれぞれ一つずつ選べ。

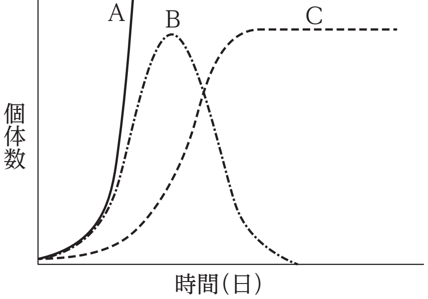


図 1（イ）の変化

< Note >

第 17 講　PART1　確認問題

問１　ある地域に生息する同種の個体の集まりのことを個体群といい，個体群内の個体どうしには（　ア　）的な交流がある。そのため，地理的に隔たりのある場合は，別の個体群に属しているとされる。また，個体群は，その分布の仕方によって次のＡ～Ｃの３つに区分できる。

Ａ　複数の個体が特定の場所にかたまった分布
Ｂ　個体間の配置が規則的な分布
Ｃ　見かけ上不規則な分布

(1)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。
①　生得　　②　後天
③　物理　　④　遺伝

(2)　Ａの分布のことを何というか。最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。
①　一様分布　　②　ランダム分布
③　集中分布

(3)　タンポポは，Ａ～Ｃのどの分布に該当するか。最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。
①Ａ　　②Ｂ　　③Ｃ

問２　個体群において，個体数を調査する際には，調査対象の生物の生態に応じて２つの方法が取られる。１つ目は (a)区画法といい，２つ目は (b)標識再捕法という。

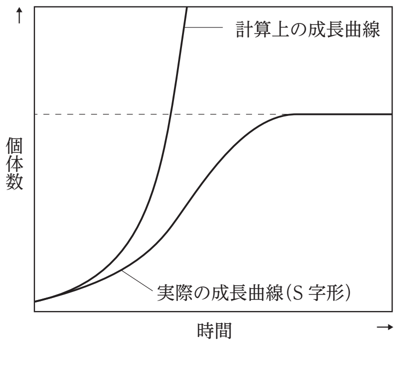
(1) 下線部 (a) について，個体数を推定する際に区画法が適する動物として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① フナ　② フジツボ
③ サワガニ　④ ヤドカリ

(2) 下線部 (b) について，標識再捕法で，ある池のコイの個体数を調べた。1 回目の調査で 30 匹を捕獲して標識し，その場で放流した。2 回目の調査として，一週間後の同じ時刻に，同じ方法で，同じ池で 60 匹のコイを捕獲すると，そのうちの 15 匹が 1 回目に標識したコイであった。この池に生息するコイの数は何匹と推定できるか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 15 匹　② 60 匹
③ 120 匹　④ 240 匹

問 3 個体群内の個体数は，繁殖や死亡などにより変動する。個体群を構成する個体の数が増加することを個体群の成長といい，生存に適した生活環境であれば，個体群は一定の割合で増加する。次に示した図は成長曲線といい，個体群の成長の時間経過を示している。図のように，ある環境で存在できる最大の個体数のことを何というか。最も適当なものを，後の①～④のうちから一つ選べ。



① 生物群集　② 個体群密度
③ 相変異　④ 環境収容力

PART2　個体群の構成

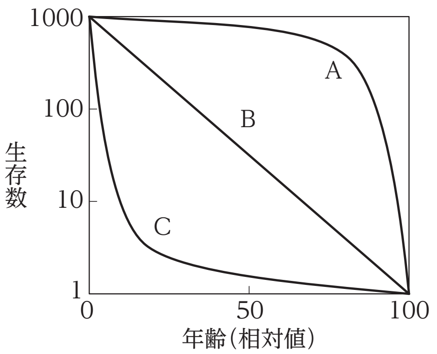
目標
・生物の生態と生存曲線との対応を理解する。
・個体群の年齢ピラミッドの分類を把握する。

Chapter1　生存曲線

◆ 生命表と生存曲線

ある個体群において，生まれた子の数がどのように減っていくかを示したグラフを（　　　　　）といい，その生物種の生態が大きく反映された形を示す。生存曲線は（　　　　）を元にして作成され，大きく３つの型に分けられる。

歳	個体数	生存個体の割合	生存率
卵	794	1.00	0.73
1 齢	580	0.73	0.52
2 齢	300	0.38	0.94
3 齢	283	0.36	0.97
4 齢	274	0.35	0.91
5 齢	248	0.31	0.35
蛹	87	0.11	0.77
成虫	67	0.08	-



A：産子数は少なく，親は子を保護する。多くの個体が寿命まで生きる。

例 大型哺乳類，大型鳥類，ミツバチなどの社会性昆虫

B：産子数と親からの保護は中程度。生涯を通じて，ほぼ一定の生存率（死亡率）を示す。

例 小型鳥類，爬虫類，ヒドラ

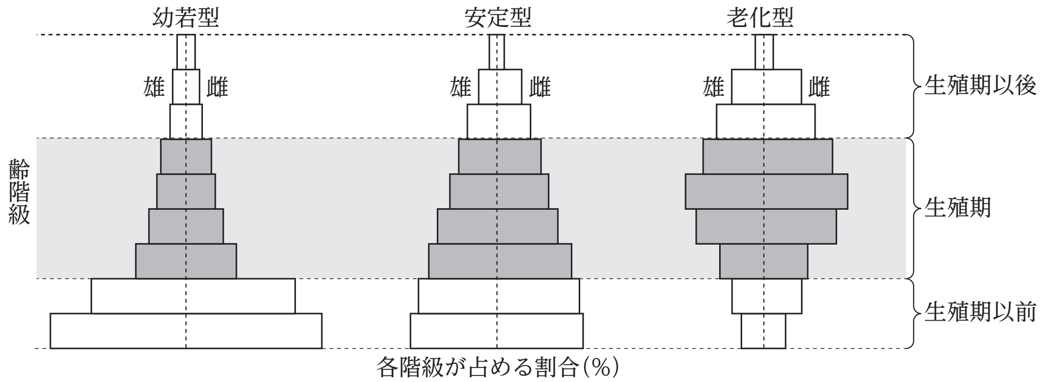
C：産子数は多いが，出生初期の死亡率が高い。ごく一部の個体のみが繁殖する。

例 魚類，昆虫，水生無脊椎動物

Chapter2　齢構成と年齢ピラミッド

◆ 個体群の齢構成

個体群がどのような世代の個体によって構成されているかを（　　　　　）といい，齢構成を世代別に積み重ねて示したグラフを（　　　　　　　　）という。年齢ピラミッドは大きく３つの型に分けられる。



	その後の個体数
幼若型	増加傾向
安定型	安定
老化型	減少傾向

まとめ

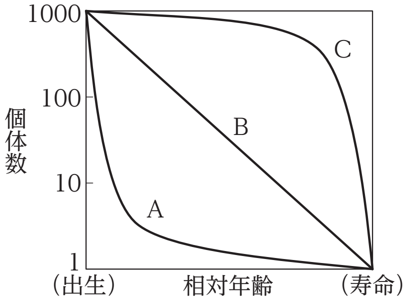
・それぞれの生物の生存曲線は，産子数や保護の程度を反映して，３つの型に分けられる。

・年齢ピラミッドには３つの型があり，その後の個体群の成長は型に応じて異なる。

Chapter3　演習問題

動物の１回の産卵数は，マンボウで約２億個であり，ツバメではわずか４～６個である。また，ニホンザルの１回の産子数は約１子である。新しく誕生した個体は，生後の環境の変化や天敵による捕食などのために死亡することがあり，生存期間は個体によって異なっている。

ある地域に生息する同種の個体の集団を（　ア　）という。この中の同世代の個体が出生後に減少していく過程を表にまとめたものを（　イ　）といい，年齢ごとの生存数や死亡要因などが記入されている。また，生存数の変化のみをグラフで示したものを（　ウ　）という。（　ウ　）は，次図のように３つの型に大別される。



問１　文中の空欄（　ア　）～（　ウ　）に入る適切な語句を答えよ。

問２　図のＡ～Ｃについて，その説明として適切な文を次の①～③のうちからそれぞれ選べ。

① 不安定な生活環境で生活している。

② 親が子を保護し，長期にわたり面倒をみる。

③ 各時期で死亡率がほぼ一定している。

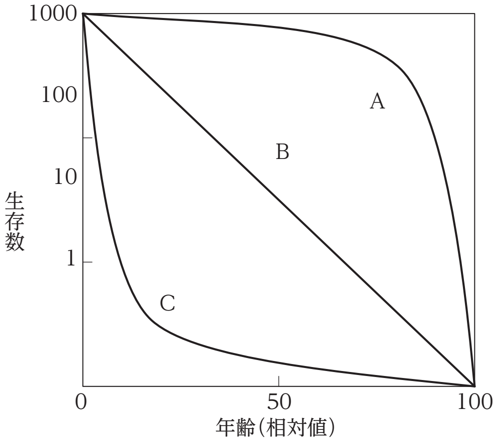
問３　図のＡ～Ｃにあてはまる動物名を，次の①～⑥のうちから二つずつ選べ。

① ライオン	② カキ
③ シジュウカラ	④ イワシ
⑤ ミツバチ	⑥ トカゲ

< Note >

第17講　PART2　確認問題

問 1　自然界では，生まれたすべての卵や子が成体まで成長し，生き残るわけではなく，その多くは生息環境の変動や天敵による捕食などにより，成体になる前に死亡する。生まれた卵や子の数が，年齢とともにどれだけ減少するかを示した表を，生命表という。下の図は，生命表をもとにして作成されたグラフで，このようなグラフを（　ア　）という。



(1)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　生産構造図　　②　ロジスティック曲線
③　成長曲線　　④　生存曲線

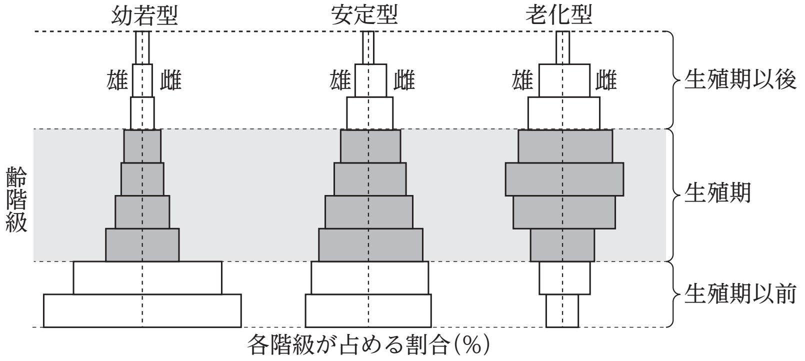
(2)　図中のＡ～Ｃのうち，産卵（産子）数は少ないが，親は子を保護し，多くの個体が寿命まで生きるものとして最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　A　　②　B　　③　C

(3)　図中のＢに属する生物として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　クジラ　　②　サケ
③　アリ　　④　ヒドラ

問2　個体群がどのような世代の個体によって構成されているかについて，世代別に積み重ねて示したグラフを年齢ピラミッドといい，次の図に示すように大きく３つの型に分けられる。この図について，後の問いに答えよ。



(1)　出生率が低下し，個体数の減少が予想される個体群は，図の３つの型のどれになるか。最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　幼若型　　②　安定型
③　老化型

(2)　各齢の死亡率が最大寿命まで一定して低く，現在と近い将来で生殖期の個体数に大きな差がない個体群は，図の３つの型のどれになるか。最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　幼若型　　②　安定型
③　老化型

PART3　種内関係

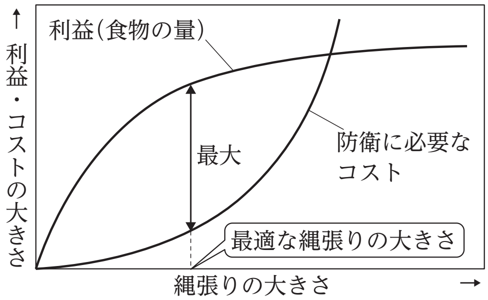
目標
・縄張りや群れの意義，特性を理解する。
・群れ内でみられるさまざまな関係性を把握する。

Chapter1　種内の個体間の相互作用

◆ 縄張り

動物の個体や群れが，一定の空間を同種の他個体に対して排他的に占有する場合，その一定の空間を（　　　　　）という。縄張りの大きさは状況に応じて変化する場合がある。

・最適な縄張りの大きさと利益・コストの関係

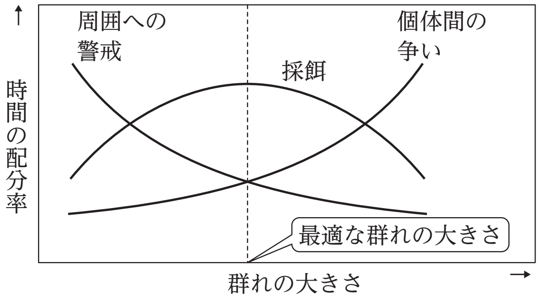


縄張りが大きくなるほど縄張りから得られる利益は増加するが，いずれ頭打ちになる。一方で，縄張りが大きくなるほど縄張りを維持するためのコストは増加し続ける。そのため，最適な縄張りの大きさは，利益とコストの差が最大となる大きさとなる。

◆ 群れ

多数の同種個体が行動を共にする場合，その集まりを（　　　　　）という。群れの大きさは状況に応じて変化する場合がある。

・群れの大きさと時間配分



群れが大きくなることで，食物などの資源や外敵，交配相手などを見つけやすくなるが，同時に個体群密度も上がるため，密度効果による悪影響や外敵に見つかりやすくなるなどの不利益が生じる。そのため，群れの大きさは，群れに所属することで得られる利益と不利益のバランスによって，ある程度の大きさに決まる。

Chapter2　群れの構造

◆ 順位

群れを構成する個体間に優劣関係がみられる場合がある。劣位の個体が優位の個体との争いを避けることで，無益な争いが避けられ，群れのまとまりが維持される。

◆ 共同繁殖

群れにおいて，親以外の個体が子の世話をする場合があり，これを（　　　　　　）という。共同繁殖は一部の鳥類や哺乳類などで観察され，親以外で子育てに参加する個体は（　　　　　　）とよばれる。ヘルパーは，親子と血縁関係にある場合が多く，自身の子を残せなくても，血縁関係にある子の世話をすることで，間接的に自身の遺伝子を残すことができる。

例 ライオン，オナガ

◆ 社会性

群れの個体間に労働や生殖などの分業がみられる場合があり，これを社会性という。とくにアリやミツバチ，シロアリなどは多数の個体がコロニーを形成して生活し，ごく一部の個体のみが生殖を行う。このような昆虫は，（　　　　　　）とよばれる。

まとめ

・縄張りや群れには最適な大きさがあり，最適な大きさは状況に応じて変化する。
・群れ内では順位や共同繁殖，社会性などさまざまな相互作用が存在する。

Chapter3　演習問題

　ある地域に生息する同種個体どうしにはさまざまな関係がみられる。同種個体どうしが集まって（　ア　）をつくる動物がいる。（　ア　）をつくることで個体はさまざまな（　イ　）を得る。例えば，集団でいれば，捕食者を見張る目が増えるため，個体は単独でいるときよりも外敵からの攻撃を回避しやすくなる。さらに，見張り以外の活動に多くの時間を割り当てることができる。しかし，（　ア　）が大きくなるほど，個体間で食物をめぐって争う時間が増える，捕食者に見つかりやすくなる，生息環境が汚染されるなどのコストも大きくなる。そのため，（　ア　）の大きさは，（　ア　）をつくることによる（　イ　）とコストとのバランスに影響される。

　（　ア　）の個体間には，優位・劣位の関係，つまり（　ウ　）が生じる場合がある。（　ウ　）の高い個体ほど，優先的に食物を食べたり繁殖行動を行ったりすることができる。（　ウ　）によって個体間の争いが軽減され，（　ア　）の秩序が保たれる。

　単独あるいは集団で，ある空間を占有する動物もいる。他個体あるいは他の集団を排除しその侵入を許さない空間は（　エ　）とよばれている。（　エ　）の機能は，食物，繁殖場所，隠れ家，異性などの資源を競争者から守ることである。したがって，一般的には，（　エ　）は同じ資源を利用する同種の他個体あるいは集団に対して維持される。（　エ　）は，（　エ　）を防衛することによって得られる（　イ　）が（　エ　）を防衛するために費やされるコストよりも大きい場合に成立する。

問 1　文中の空欄（　ア　）～（　エ　）に入る適切な語句を答えよ。

問 2　図 1 は縄張りの大きさとそこから得られる食物量（利益）および縄張りを維持する労力を表している。最適な縄張りの大きさを表しているものを，A ～ E から 1 つ選べ。

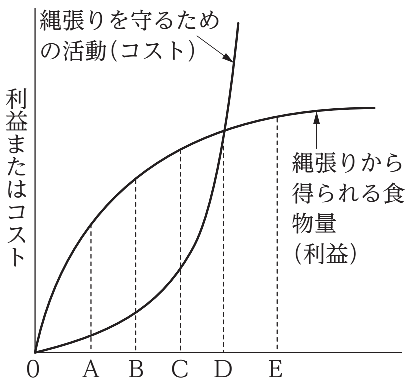
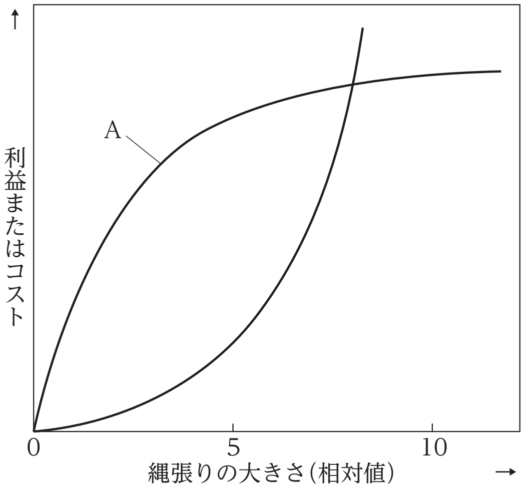


図 1　縄張りの大きさ

第17講　PART3　確認問題

問1　同種の生物は，同じような環境で生活するため，個体間に資源をめぐる激しい競争を生じることが多い。この関係は互いに不利益なので，生物間には，この状態を回避して個体群を安定的に保つような相互作用がはたらいている。

個体が特定の空間を占有する縄張りは，競争を回避するしくみとして重要である。縄張りの大きさは状況に応じて変化し，縄張りが維持されるためには，縄張りによる利益が，縄張りの維持に必要なコストを上回る必要がある。次の図は，ある個体群の縄張りの大きさと，利益及びコストの関係を示したものである。



(1)　次の①～④のうち，この個体群の最適な縄張りの大きさ（相対値）として最も適当なものを一つ選べ。

①　2　　②　4　　③　8　　④　12

(2)　図中のAのグラフが表すものとして最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　繁殖機会　　②　見回りにかかる時間

③　侵入者との闘争

問2　動物の中には，同種の個体どうしで集まって生活しているものがあり，多数の同種個体が行動をともにする場合，その集まりを群れという。群れにおいて，親以外の個体が子の世話をする場合があり，これを（　ア　）という。

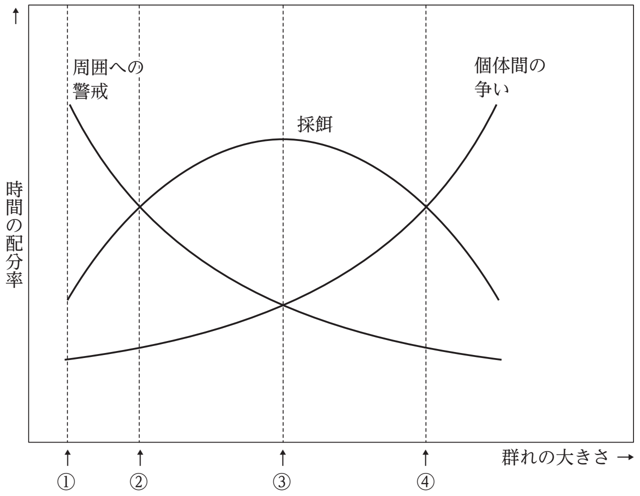
(1)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　共同繁殖　　②　順位
③　社会性　　④　生態的地位（ニッチ）

(2)　親以外で子育てに参加する個体はヘルパーとよばれる。このような関係を築く生物として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　サメ　　②　ライオン
③　コイ　　④　シマウマ

(3)　群れの形成は，利益を獲得できるだけでなく，不利益も生じる。次の図は，群れの大きさと時間の配分率を示したものである。最適な群れの大きさとして最も適当なものを，図中の①～④のうちから一つ選べ。



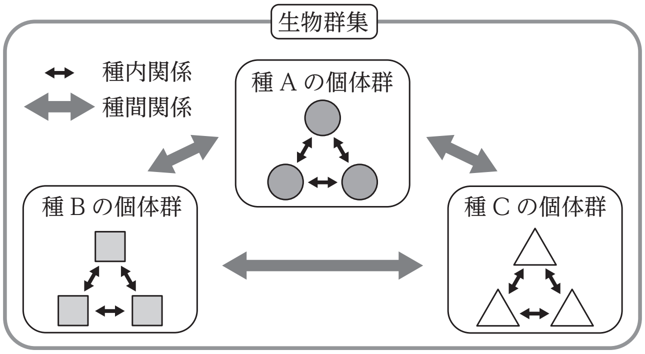
PART4　種間関係

目標
・種間にみられる相互作用の利害関係を理解する。
・さまざまな種間関係の具体例を把握する。

Chapter1　生物群集と種間の相互作用

◆ 生物群集

同種の個体の集まりを個体群といい，さらに複数の個体群の集まりを（　　　　　　　）という。生物群集内の個体間には，さまざまな相互作用がみられる。



◆ 種間の相互作用（種間関係）

種間の相互作用，2種間の利害関係に応じて，いくつかに分類される。

X種	Y種	名称	例
＋	＋	（　　　　　）	マメ科植物と根粒菌
＋	0	（　　　　　）	コバンザメとサメ
＋	－	（　　　　　　　　　　　）	ヤマネコとウサギ
＋	－	（　　　　）	ノミとネコ
－	－	（　　　　）	カキとフジツボ

0：影響なし，＋：利益を受ける，－：不利益・害を受ける

Chapter2　さまざまな種間関係

◆ 共生

異種の生物どうしが密接なつながりをもって生活し，利益を受けながら生活している場合がある。このような関係を（　　　　　）という。

・相利共生：互いに利益を受ける関係

例 マメ科植物と根粒菌

光合成で合成した有機物
マメ科植物 ⇄ 根粒菌
窒素固定で得られた NH_4^+

・片利共生：一方のみが利益を受けて，他方は利益も不利益も受けない関係

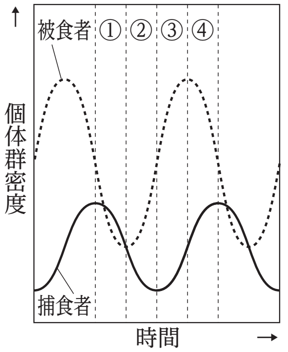
例 コバンザメとサメ

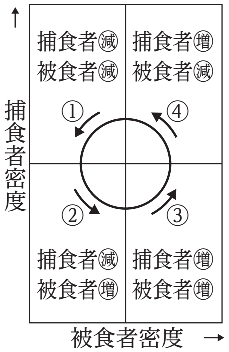
コバンザメは利益を受けるが，サメは利益も不利益も受けない。

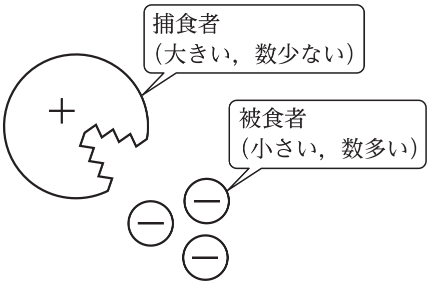
◆ 被食者－捕食者相互関係

生物間の食う・食われるの関係を，被食者－捕食者相互関係という。捕食者は利益を受け，被食者は不利益を受ける。

捕食者と被食者では，一方の個体数がもう一方の個体数の増減に大きく影響を与える。一般に，被食者が減少すると食物不足で捕食者が減少し，捕食者が減少すると被食者は増加する。この結果，両者の個体数はピークの時期をずらしながら，周期的な増減を繰り返すことになる。



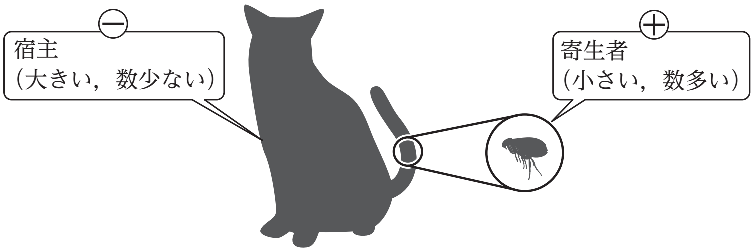




◆ 寄生

一方が利益を受け，もう一方が不利益を受ける関係に，寄生がある。この場合，利益を受ける方を（　　　　　），不利益を受ける方を（　　　　）という。

例 ノミとネコ



まとめ

・共生の関係には，互いに利益を与え合う相利共生や，一方のみが利益を受ける片利共生がある。
・一方が利益を受け，もう一方が不利益を受ける関係には，被食者ー捕食者相互関係や寄生の関係がある。

Chapter3　演習問題

一定の地域内に生息する異種の生物どうしの間には，さまざまな種間関係がみられる。生物が生活する環境において，必要とするさまざまな資源の要素やその資源の利用の仕方が似ている場合は種間の競争が激しく起こる。また，カエルとバッタとの間には食う - 食われるの関係がみられ，カエルを(　ア　)者，バッタを(　イ　)者とよぶ。カエルとバッタとの間の関係は，一方が利益を受け，他方が不利益を受ける関係であるが，ヤドリギと樹木との間にも似た利益不利益の関係が認められ，この関係は(　ウ　)とよばれる。この関係においてヤドリギは(　エ　)，樹木は(　オ　)とよばれる。

異種の生物間において，互いがまたは一方が利益を受けるような種間関係を(　カ　)という。マメ科植物と根粒菌の間では，根粒菌はマメ科植物から有機物の供給を受ける一方で，マメ科植物はこの細菌が(　キ　)のはたらきによって取り込んだ物質を栄養塩類として利用するため，栄養分の乏しいやせた土地でもよく生育する。

問１　文中の空欄(　ア　)～(　キ　)に入る最も適当な語句を答えよ。

問２　図１の実線(A)と破線(B)は，それぞれ捕食者と被食者のどちらかを示している。捕食者を示すものを答えよ。

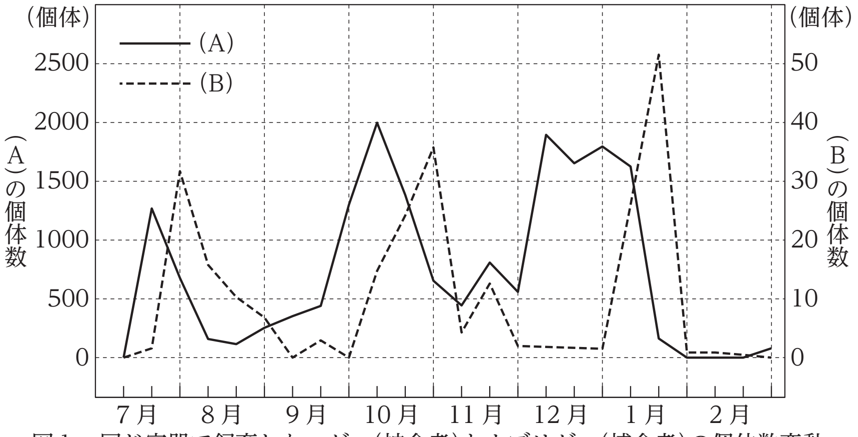


図１　同じ容器で飼育したハダニ(被食者)とカブリダニ(捕食者)の個体数変動

第 17 講　PART4　確認問題

問 1　森林や草原，海洋や砂漠など多くの自然環境では，さまざまな生物種の個体群が同所的に存在している。ある地域において，さまざまな関係をもち生息する個体群の集まりを何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　生態系　　②　生物群集
③　バイオーム　　④　相観

問 2　2 種間の相互作用は，関係性により複数に分類できる。次の表は，その関係性を一覧に示したものである。X 種と Y 種の利害関係の（＋）は利益，（－）は不利益，(0) は影響を受けないことを示す。

関係	X 種	Y 種
A	＋	＋
B	＋	0
C	＋	－
D	－	－

(1)　表中の A の関係性にある生物例として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　X 種：マメ科植物，Y 種：根粒菌
②　X 種：ヤマネコ，Y 種：ウサギ
③　X 種：コバンザメ，Y 種：サメ
④　X 種：カキ，Y 種：フジツボ

(2)　表中の B の関係性にある生物例として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　X 種：マメ科植物，Y 種：根粒菌
②　X 種：ヤマネコ，Y 種：ウサギ
③　X 種：コバンザメ，Y 種：サメ
④　X 種：カキ，Y 種：フジツボ

⑶　表中のCの関係性にある生物例には，ノミ（X 種）とネコ（Y 種）が挙げられる。Cの関係を何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　寄生　　②　競争

③　片利共生　　④　相利共生

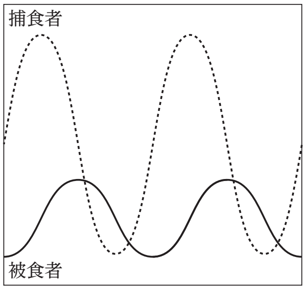
⑷　表中のDの関係を何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　寄生　　②　競争

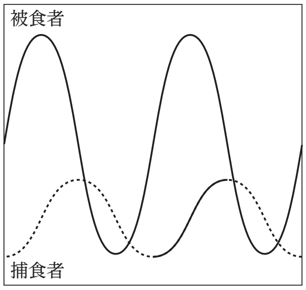
③　片利共生　　④　相利共生

問３　生物間において，食う・食われるの関係を，被食者－捕食者相互関係という。被食者と捕食者の関係を表したグラフとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

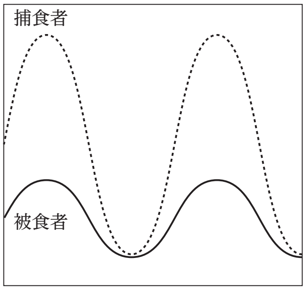
①



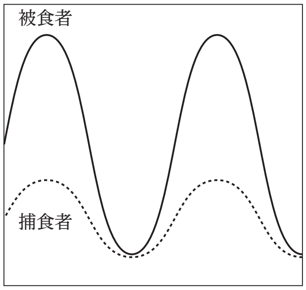
②



③



④



PART5　生態的地位と種間競争

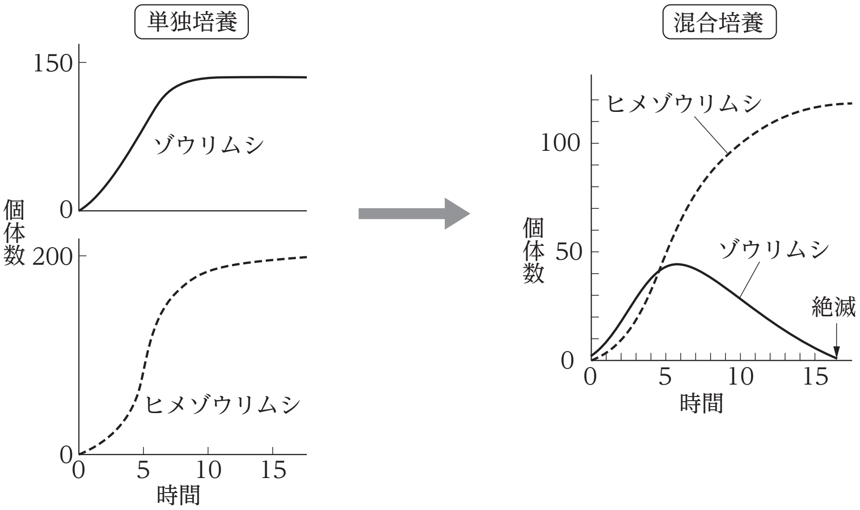
目標
・生態的地位と種間競争の関係を理解する。
・種間競争を避けるしくみとその結果を把握する。

Chapter1　種間競争

◆ 種間競争と競争的排除

ある２種間において，食物や生活空間，光や水などの共通の資源をめぐって競争が起こる場合がある。これを，（　　　　　　）という。

例 ゾウリムシとヒメゾウリムシ

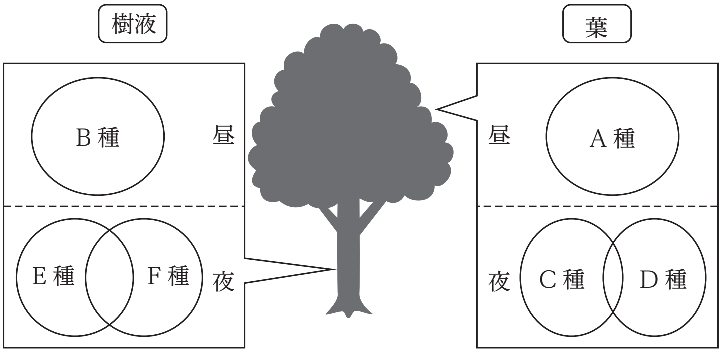


・種間競争は両方の種にとって不利益となり，場合によっては一方の種は排除される。
これを（　　　　　　　）という。

Chapter2　生態的地位と共存

◆ 生態的地位

生態系内で何を食べているか，どこに生息しているか，どのような動物に食べられているか，など各生物種が占める位置を（　　　　　）地位，もしくは（　　　　　）という。生態的地位の重なりが大きいほど，資源をめぐる種間の競争は激しくなる。



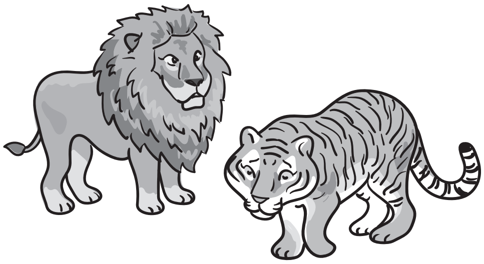
・生態的地位が重ならない種間では，競争は起こらない。（A 種　vs　B 種）
・生態的地位が重なると，種間競争が起こる。　　　　（C 種　vs　D 種）
・生態的地位の重なりが大きいほど，資源をめぐる種間の競争は激しくなる。
（E 種　vs　F 種）

生態的地位の重なりを少なくすることで，種間競争を弱め，共存できるようになる場合がある。これを生態的地位の分割という。生態的地位の分割には，食性の重なりを減らす（　　　　　）や，生活空間の重なりを減らす（　　　　　）などがある。

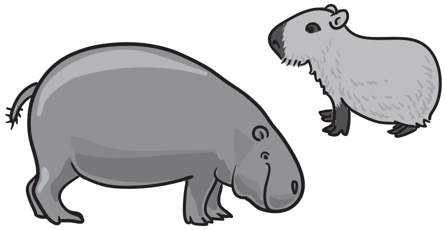
◆ 生態的同位種

異なる地域の生態系に生息しているが，同様の生態的地位を獲得している種間では，形態的な特徴が似やすい。

ライオンとトラ



コビトカバとカピバラ



まとめ

・生態的地位が重なった 2 種間では，共通の資源をめぐる種間競争が起こる。

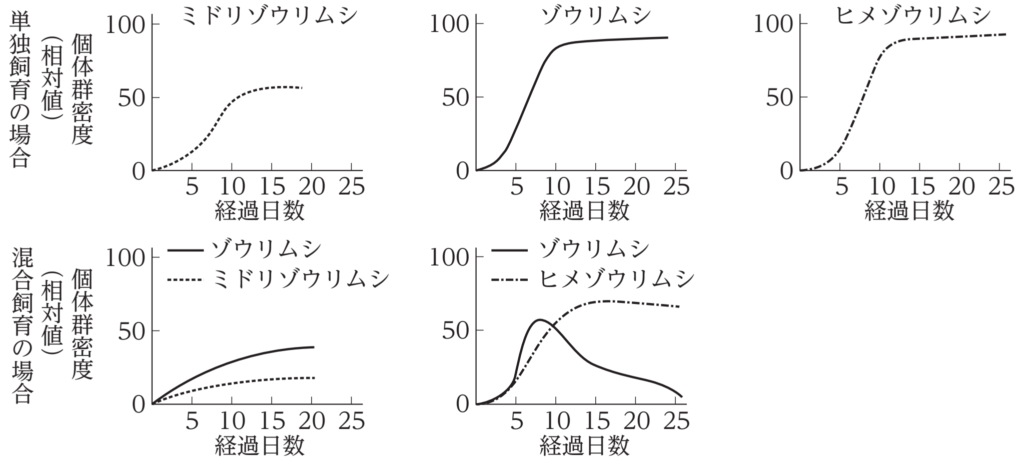
・生態的地位の重なりを少なくすることで種間競争は回避される。

Chapter3　演習問題

互いに関係をもちながら生活している異なる種の個体群の集まりを（　ア　）という。（　ア　）において，ある種が生活空間，食物連鎖，活動時間の中で占める位置を生態的地位，もしくは（　イ　）という。これが共通している種の間では，食物や生活場所などをめぐって（　ウ　）が起こり，それによって一方の種によりもう一方の種が駆逐される（　エ　）が起こる。そのため，似たような生活をする複数の生物種の間で，生息場所を空間的または時間的に変える（　オ　）が成立する。

問 1　文中の空欄（　ア　）～（　オ　）に入る適切な語句を答えよ。

問 2　次のグラフは，3 種のゾウリムシを単独で飼育した場合と，混合して飼育した場合の個体群密度の変化を示したものである。図に関する下の記述 A ～ C の正誤を判断し，正しい場合は「○」，誤りの場合は「×」で答えよ。



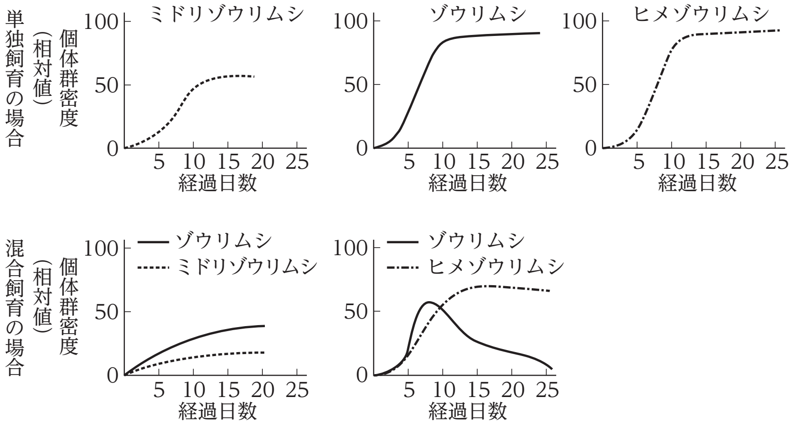
A　ゾウリムシは，ミドリゾウリムシよりもヒメゾウリムシと生態的地位が似ているといえる。

B　ゾウリムシとヒメゾウリムシの関係は，ゾウリムシが被食者，ヒメゾウリムシが捕食者といえる。

C　混合飼育下でのミドリゾウリムシとゾウリムシは，競争的排除の関係にある。

第17講　PART5　確認問題

問1　生物は生活空間や資源を利用して生息しているが，ある2種間において，食物や共通の資源をめぐって競争が起こる場合がある。例えば，ゾウリムシとヒメゾウリムシ，ミドリゾウリムシはいずれも，細菌や有機物が共通の資源である。これら3種のゾウリムシをそれぞれ単独で飼育した場合と，3種のうち2種類ずつを混合して飼育した場合の個体数の変化を，次の図に示す。この図について，後の問いに答えよ。



(1)　ゾウリムシとヒメゾウリムシを混合して飼育した場合では，食物をめぐる競争が生じ，ゾウリムシが絶滅した。種間競争によって一方の種が排除されることを何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　生態的地位　　②　寄生
③　片利共生　　④　競争的排除

(2)　ゾウリムシとミドリゾウリムシを混合して飼育した場合では，両種が共存することができたが，それぞれ容器内の上下に分かれて生育していた。この原因を表す語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　食いわけ　　②　密度効果
③　すみわけ　　④　環境収容力

問2　生物群集の中で，ある生物種が必要とする生活空間や食物などは，ほとんど決まっている。それぞれの生物種が生態系の中で占める位置を（　ア　）といい，（　ア　）の重なりを変えることで，資源をめぐる争いを回避し，共存できるようになる場合がある。例えば，すみわけや（　イ　）も，多くの生物種が共存することができる1つの要因である。

(1)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　ニッチ　　②　バイオーム
③　チャネル　　④　ニューロン

(2)　文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　競争　　②　食いわけ
③　順位

(3)　文中の（　ア　）の重なりが大きいほど，資源をめぐる種間の競争はどうなるか。最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　穏やかになる　　②　変わらない
③　激しくなる

第 18 講　物質生産と物質循環

PART1　生態系における物質生産

目標
- 生態系の構成を理解する。
- それぞれの生態系の物質生産の特性を把握する。

Chapter1　生態系と物質生産

◆ 生態系

生物群集と周囲の非生物的環境を合わせて（　　　　　）という。非生物的環境が生物に及ぼす影響を（　　　　），生物が非生物的環境に及ぼす影響を（　　　　　　　　）という。生態系の構成要素の間では，さまざまな相互作用がみられる。

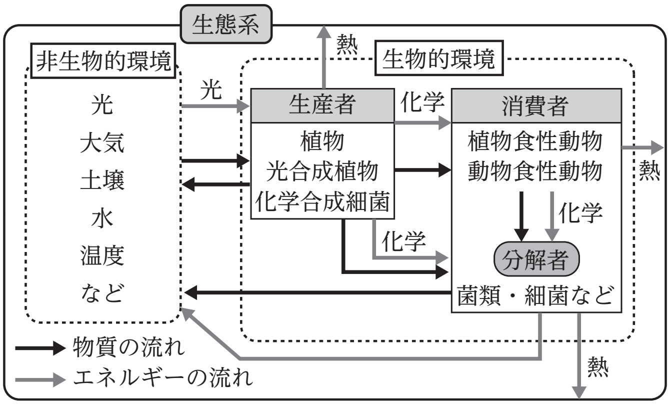
◆ 生態系の構成要素

・非生物的環境：光や大気，土壌，水，温度など

・生物群集：

生産者　　例 植物

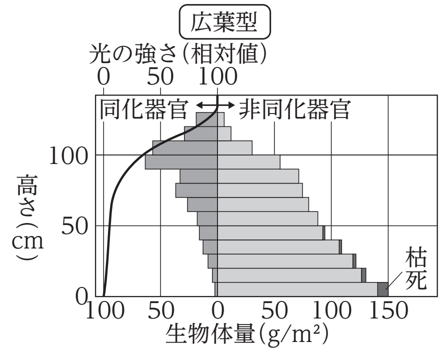
消費者
- 一次消費者：植物食性動物
- 二次消費者：動物食性動物
- 分解者　　例 菌類，細菌

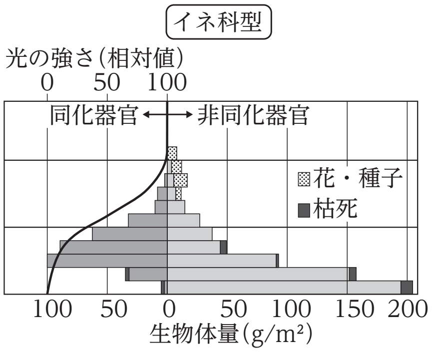


◆ 物質生産

生態系内の生物のさまざまな活動は，生産者が光合成によって合成した有機物をもとに行われる。生産者における有機物の生産過程や，その結果として合成される有機物の量を（　　　　　　）という。

植物の物質生産には，同化器官である葉の配置が重要になる。植物群落における高さごとの同化器官（葉），非同化器官（茎など）の分布を（　　　　　　　）といい，それを示した図を（　　　　　　　）という。





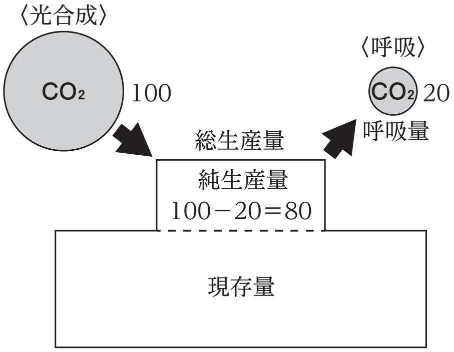
◆ 総生産量と純生産量

・（　　　　　　）：ある時点で一定の面積内に存在する生物体の量。

・（　　　　　　　）：一定面積内の生産者が光合成によって合成した有機物の総量。

・（　　　　　　　）：総生産量－（　　　　　）

└→呼吸によって消費される有機物の量

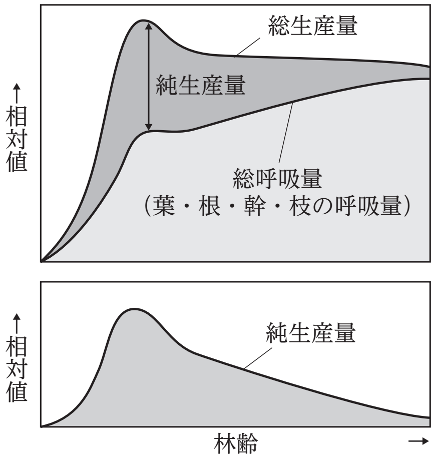


Chapter2　さまざまな生態系における物質生産

	面積 （$10^6 km^2$）	現存量 （kg/m^2）	純生産量 （$kg/(m^2$・年)）
森林	41.6	28.6	1.74
草原	45.4	5.0	1.07
海洋	360.7	0.01	0.28

◆ 森林の生態系

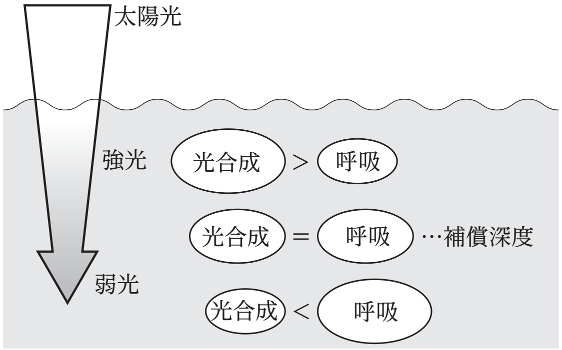
森林の生産者はおもに樹木であり，現存量が大きい。また，遷移が進行するほど根や幹などの非同化器官が多くなるため呼吸量が増加し続ける。一方で総生産量は頭打ちになるため，純生産量は徐々に小さくなっていく。



◆ 水界の生態系

海洋での生産者はおもに植物プランクトンであり，現存量が小さくなる。植物プランクトンの増減には，栄養塩類の量が大きく影響している。

水深が深くなるほど，届く光量が減少するため，一定の深さ以上の位置では純生産量が0になる。このときの水深を（　　　　　　）という。

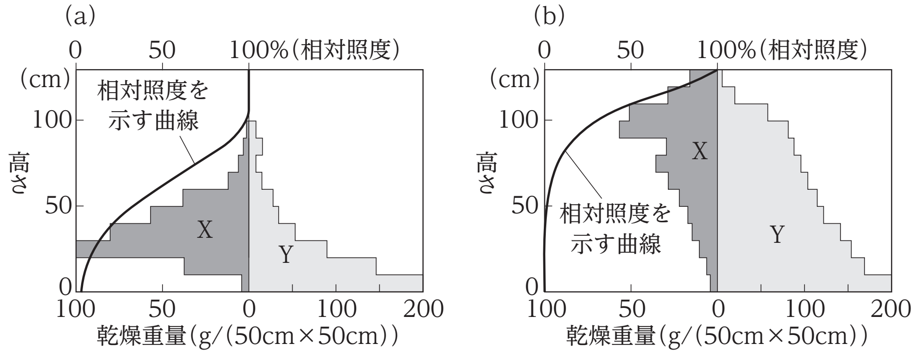


まとめ

- 生態系は非生物的環境と生物群集をまとめたものであり，その活動の基盤は生産者の物質生産にある。
- 森林の生態系の生産者は樹木であり現存量が多く，海洋の生産者は植物プランクトンであり現存量が少ない。

Chapter3　演習問題

ある草原における2つの植物群落について，一辺50cmの方形枠を取り，上部から10cmごとに地上部の植物を刈り取り，器官XとYに分けて乾燥重量を測定して，次の図のように横棒グラフで表した。なお，図中の曲線は，植物群落の外で測定した照度を100とし，上部から10cmごとの照度を相対照度として表したものである。



問1　植物群落を等間隔の高さに分けて，植物器官ごとの乾燥重量を測定した結果を示した上の図を何とよぶか。

問2　下線部および図中のXとYは，それぞれ植物のどのような器官か。

問3　草原に生育する植物群落は，生活形によりイネ科型と広葉型に大別することができる。図(a)および(b)の植物群落はそれぞれどちらの型にあてはまるか。

< Note >

第18講 PART1　確認問題

問1　個体群やその集まりである生物群集と，その周囲の環境である (a)非生物的環境を合わせて，生態系という。生物群集が非生物的環境に及ぼす影響のことを（　ア　）という。

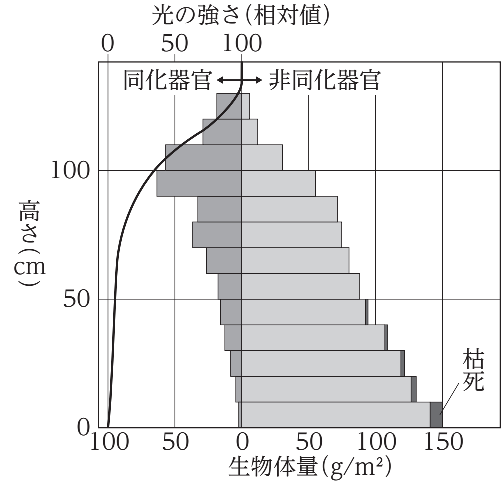
(1)　下線部 (a) について，非生物的環境として**適当でないもの**を，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　細菌　　②　土壌
③　光　　④　水

(2)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　作用　　②　環境形成作用
③　かく乱　　④　物質循環

問2　生態系内の生物は，生産者が光合成によって合成した (a)有機物をもとに，さまざまな活動を行う。生産者である植物の構造は，同化器官と非同化器官に分けられ，これらの分布を階層状に示した図を (b)生産構造図という。次の図は，ある植物の生産構造図を表している。



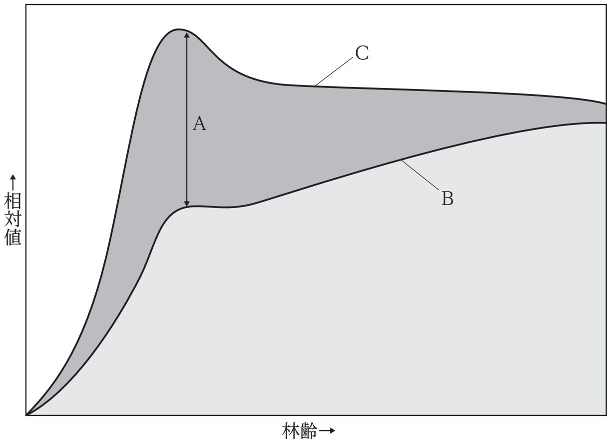
⑴　下線部 (a) について，生産者における有機物の生産過程を何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　現存量　②　物質生産
③　物質循環　④　補償深度

⑵　下線部 (b) について，生産構造図は広葉型とイネ科型の 2 つに分けられるが，この図はどちらに該当するか。また，その植物例の組み合わせとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　広葉型―アカザ　②　広葉型―ススキ
③　イネ科型―アカザ　④　イネ科型―ススキ

問３　次の図は，ある森林の総生産量，純生産量，総呼吸量を林齢とともに示したグラフである。図中の A ～ C の組み合わせとして最も適当なものを，後の①～④のうちから一つ選べ。



①　A：総生産量　B：総呼吸量　C：純生産量
②　A：総生産量　B：純生産量　C：総呼吸量
③　A：純生産量　B：総呼吸量　C：総生産量
④　A：純生産量　B：総生産量　C：純呼吸量

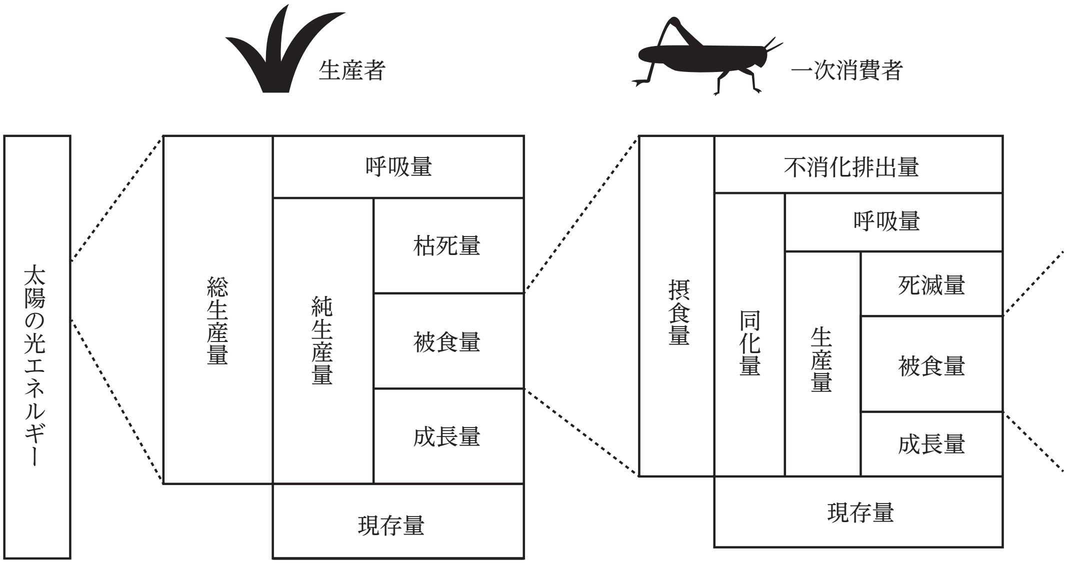
PART2　物質収支

目標
・生産者と消費者の物質収支を把握する。
・エネルギー効率の求め方と特徴を理解する。

Chapter1　生態系における物質収支

◆ 物質収支

生産者によって合成された有機物は，食物連鎖を通じて消費者に移行していく。食物連鎖における生産者，一次消費者などの段階を，（　　　　　　）という。



生産者　…　総生産量　－（　　　　　）＝　純生産量
　　　　　　純生産量　－（枯死量　＋　被食量）＝（　　　　　）

消費者　…　摂食量　－　不消化排出量　＝（　　　　　）
　　　　　　同化量　－　呼吸量　＝　生産量
　　　　　　生産量　－（死滅量　＋　被食量）＝　成長量

Chapter2　エネルギー効率と生態ピラミッド

◆ エネルギー効率

それぞれの栄養段階の間で，１つ前の栄養段階のエネルギー量のうち，どの程度のエネルギーが利用されるかを，％を用いて示したものを（　　　　　　　　　）という。一般に高次の栄養段階ほど，エネルギー効率は高くなる。

生産者　：　$\frac{\text{総生産量}}{\text{太陽からの入射エネルギー}} \times 100$

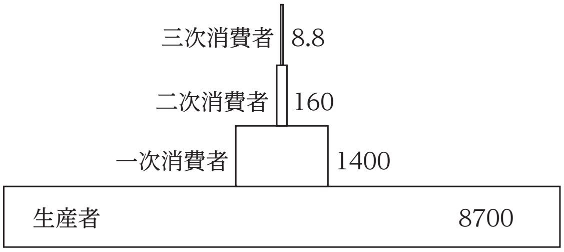
一次消費者　：　$\frac{\text{一次消費者の同化量}}{\text{総生産量}} \times 100$

二次以上の消費者　：　$\frac{\text{対象の栄養段階の同化量}}{\text{前の栄養段階の同化量}} \times 100$

◆ 生態ピラミッド

栄養段階ごとの個体数，生物量，一定期間の生産量について，生産者を底辺として積み重ねた図を生態ピラミッドという。一定期間の生産量についての生態ピラミッドは，（　　　　　　　　　）とよばれる。

生産力ピラミッドの例（10^4J/(m²・年)）



まとめ

・栄養段階ごとに呼吸量や枯死・死滅量が失われ，被食量のみが上位の栄養段階に移行していく。

・エネルギー効率は，上位の栄養段階ほど高くなっていく。

Chapter3　演習問題

図はある生態系におけるエネルギーの移動を示したものである。また，表 1 はこの生態系の生産者と一次消費者の各エネルギー量を示したものである。

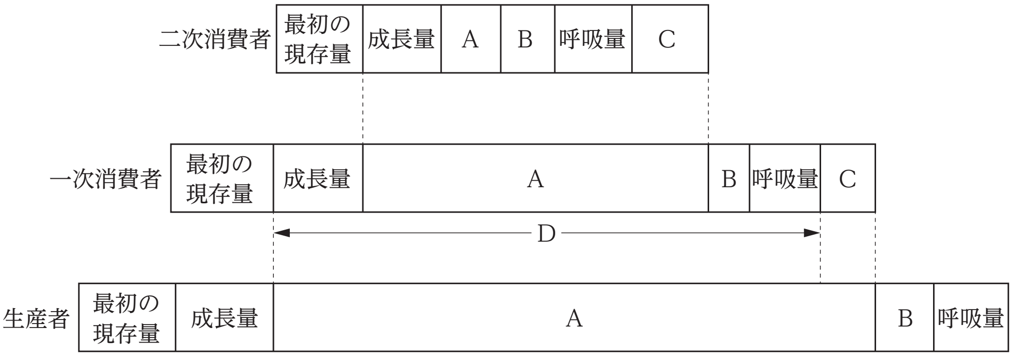


図 1

表 1

	成長量	A	B	呼吸量
生産者	295.7	62.2	11.8	98.3
一次消費者	29.4	13.0	1.3	18.5

（単位は J/cm^2・年）

問 1　図 1 の一次消費者における D が示す量として最も ふさわしいものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。

① 枯死・死滅量　② 純生産量　③ 生産量

④ 総生産量　⑤ 同化量　⑥ 不消化排出量

問 2　図 1 の A ～ C のうち，分解者に移動するエネルギーに対応する記号を過不足なく含む組み合わせとして最もふさわしいものを，次の①～⑦のうちから一つ選べ。

① A　② B　③ C　④ A，B

⑤ A，C　⑥ B，C　⑦ A，B，C

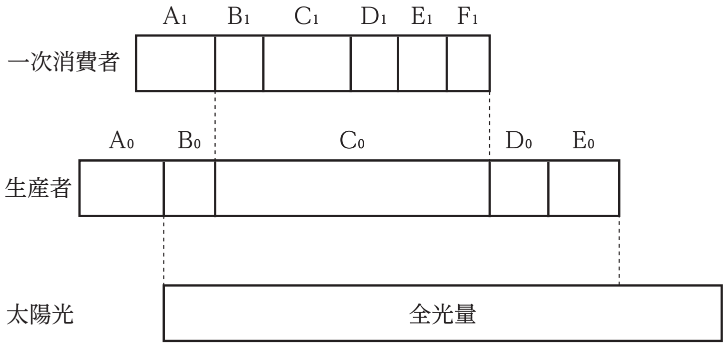
問 3　表 1 の値をもとに求めた一次消費者のエネルギー効率を表す数値（%）として最もふさわしいものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。

① 10.0　② 11.0　③ 11.8　④ 13.3　⑤ 18.8　⑥ 20.9

< Note >

第18講　PART2　確認問題

問１　次の図は，生態系における，生産者と一次消費者のエネルギーの移動を示したものである。図中のD（D_0，D_1）は枯死量（死滅量）を表している。また，生産者のうちB_0＋C_0＋D_0は純生産量を表している。この図について，後の問いに答えよ。



(1)　図中のB（B_0，B_1）は何を表しているか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　呼吸量　　②　被食量
③　成長量　　④　不消化排出量

(2)　図中のC（C_0，C_1）は何を表しているか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　呼吸量　　②　被食量
③　成長量　　④　不消化排出量

(3)　図中のE（E_0，E_1）は何を表しているか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　呼吸量　　②　被食量
③　成長量　　④　不消化排出量

(4) 生産者の総生産量を表しているものとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① $A_0 + B_0 + C_0 + D_0$　② $B_0 + C_0 + D_0 + E_0$

③ $A_0 + B_0 + C_0$　④ $A_0 + B_0 + C_0 + D_0 + E_0$

(5) 一次消費者の同化量を表しているものとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① $A_1 + B_1 + C_1 + D_1$

② $B_1 + C_1 + D_1 + E_1$

③ $B_1 + C_1 + D_1 + E_1 + F_1$

④ $A_1 + B_1 + C_1 + D_1 + E_1 + F_1$

問2 それぞれの栄養段階において，どの程度のエネルギーが次の栄養段階に移動したかについて示したものを，エネルギー効率といい，生産者のエネルギー効率は，

（　ア　）÷太陽からの入射エネルギー× 100

で求められる。

また，生産者，一次消費者，二次消費者で構成される栄養段階において，生産者のエネルギー効率を 1%，一次消費者のエネルギー効率を 10% と仮定すると，二次消費者には生産者にわたったエネルギーのうちの（　イ　）%が移動したことになる。

(1) 文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 純生産量　② 総生産量

③ 現存量　④ 成長量

(2) 文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

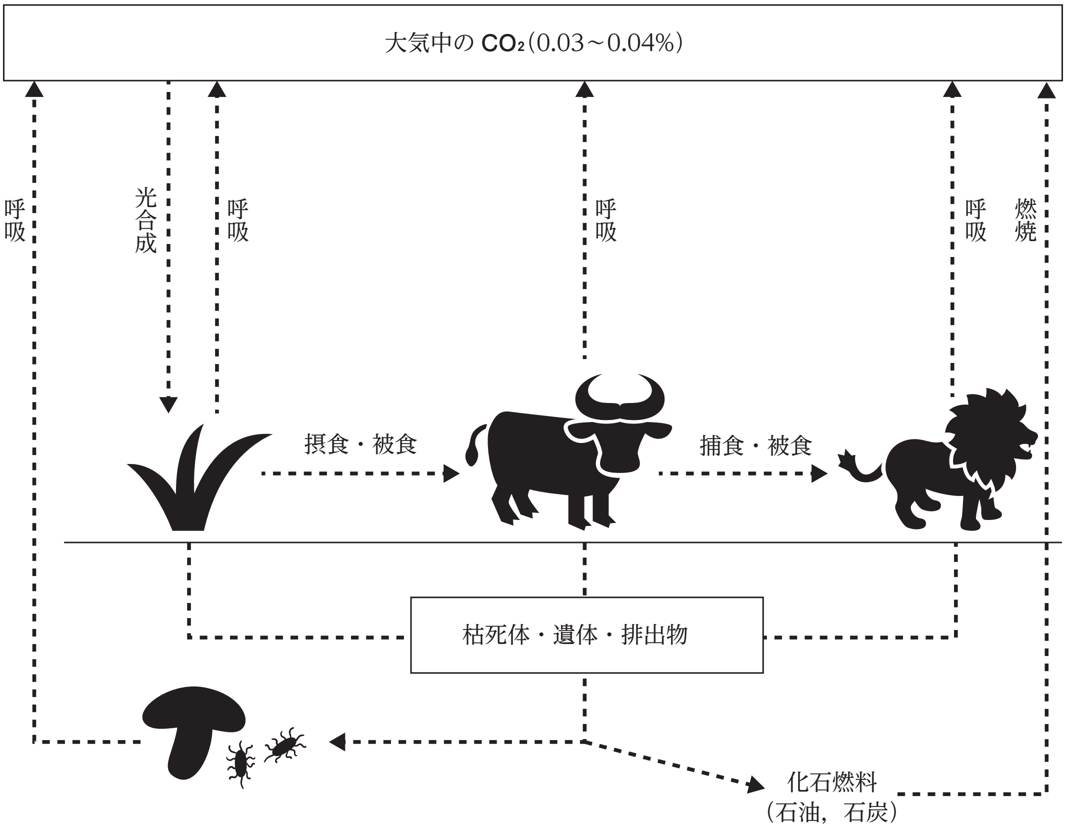
① 0.1　② 1

③ 10　④ 100

PART3　エネルギーの流れと物質循環

目標
・生態系における炭素の循環の構図を把握する。
・生態系における窒素の循環の構図を把握する。

Chapter1　炭素の循環



・大気と生物の間を，光合成と呼吸によって循環している。

・化石燃料の燃焼などによって，大気中の CO_2 濃度の増加が起こっている。

Chapter2　窒素の循環

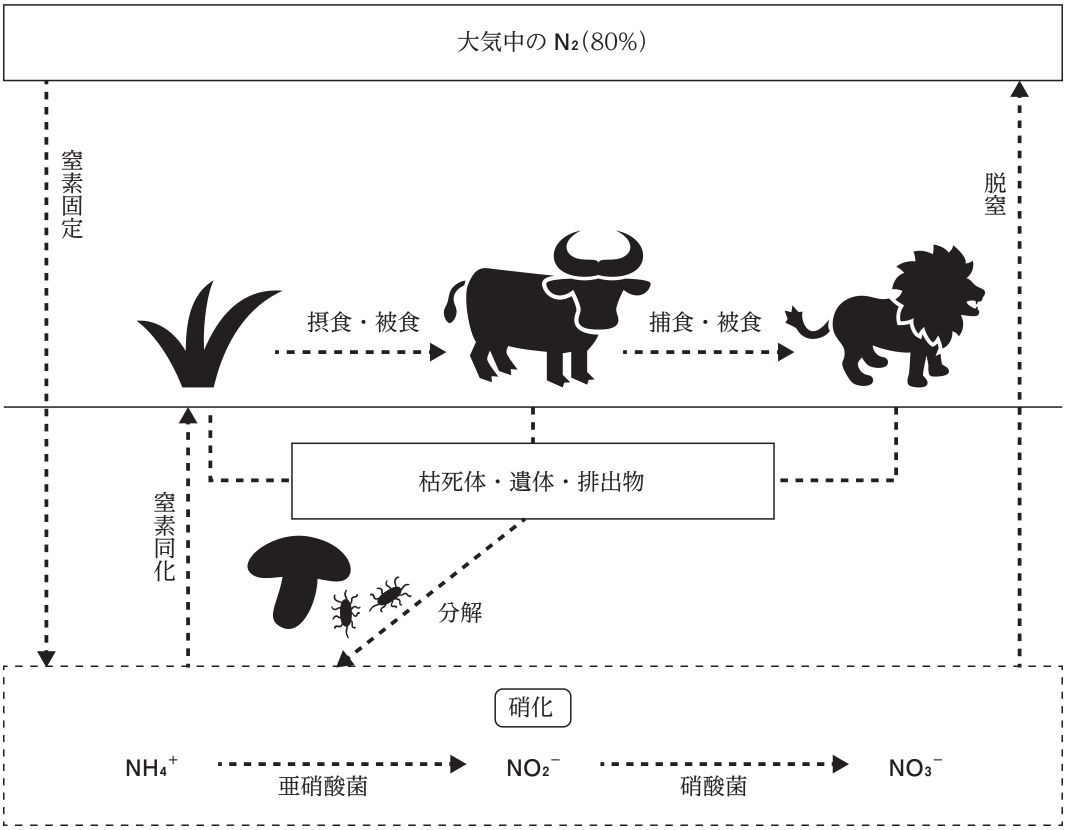
・(　　　　　　　)：大気中の N_2 が $NH_4{}^+$ に変換されることを窒素固定という。窒素固定には，(　　　　　　　　　) による生物的なものや工業的なものがある。

窒素固定細菌　例　根粒菌 (マメ科植物と共生)，シアノバクテリア
アゾトバクター，クロストリジウム

・(　　　　　　　)：生物が，簡単な窒素化合物から生体に必要な有機窒素化合物を合成することを窒素同化という。植物は，土壌の無機窒素化合物を利用して窒素同化を行うことができる。

・硝化：土壌中の $NH_4{}^+$ が亜硝酸菌によって $NO_2{}^-$ に，$NO_2{}^-$ が硝酸菌によって $NO_3{}^-$ に変換される過程を硝化という。亜硝酸菌や硝酸菌を合わせて，(　　　　　　) という。

・(　　　　)：脱窒素細菌によって $NO_3{}^-$ が N_2 となり，大気中に戻る過程を脱窒という。



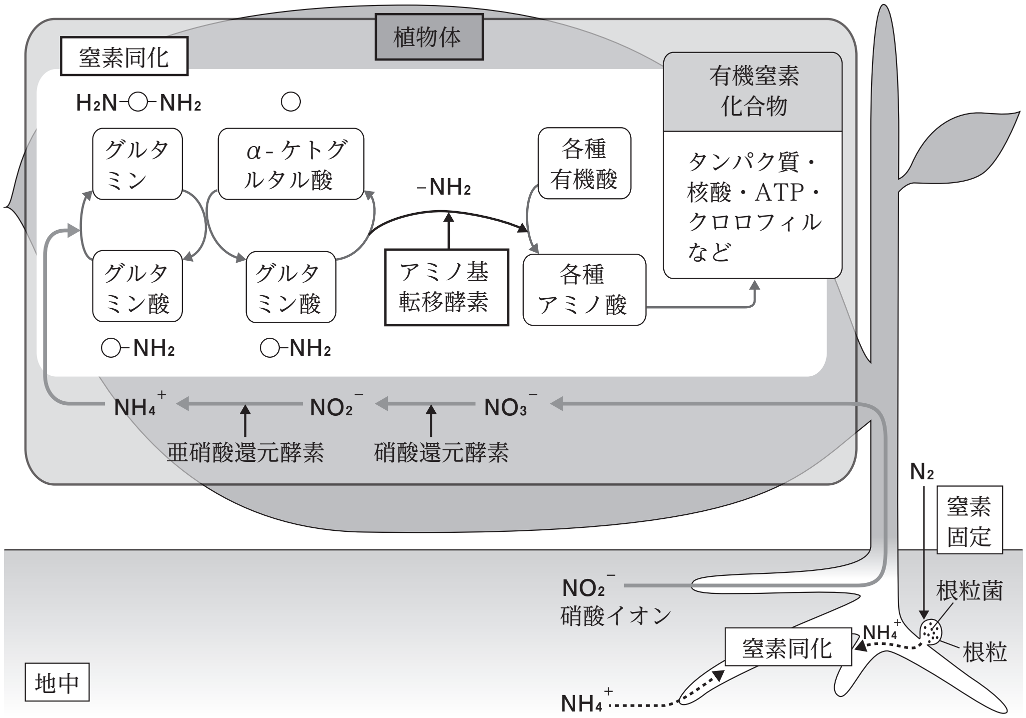
Chapter3　窒素同化

◆ 動物と植物の窒素同化

生物は外部から窒素を取り込み，タンパク質などの自身を構成する有機窒素化合物を合成している。

動物：摂食・捕食を通じてアミノ酸の形で窒素を取り込み，タンパク質を合成している。

植物：土壌中の無機窒素化合物を根から取り込み，葉でアミノ酸を合成し，さらにタンパク質などの複雑な有機窒素化合物を合成している。



植物は，根から吸い上げた硝酸イオンをアンモニウムイオンにまで還元し，いくつかの反応を経て，さらに（　　　　　　　　　　）によってアミノ基をさまざまな有機酸に転移させることでアミノ酸を合成している。さらに合成したアミノ酸をもとにタンパク質や DNA，RNA，ATP やクロロフィルなどのさまざまな有機窒素化合物を合成している。

まとめ

・生態系内の炭素は，大気と生物の間を光合成と呼吸によって循環している。

・生態系内の窒素は，土壌の生物の間を窒素同化と枯死・死滅によって循環している。

Chapter4　演習問題

炭素は生物の体をつくる主要な構成材料であり，有機物として体内に存在する。大気中の（　ア　）に含まれる炭素は（　イ　）により有機物として植物に取り込まれる。動物は，植物を摂食することにより動物の体内で有機物として再構成している。植物や動物の中の有機物は（　ウ　）により分解され，（　ア　）として大気中に排出される。近年では，人間により石油や石炭などの（　エ　）の消費増加が大気中の（　ア　）の増加をもたらしている。

窒素はタンパク質や核酸などに含まれる。植物は土壌にある硝酸イオンやアンモニウムイオンを根から吸収し，体内で窒素を含む有機物を合成する。このはたらきを植物の窒素（　オ　）という。合成された有機物は食物連鎖を経て動物に取り込まれ，動物の活動に用いられる。動植物の遺骸やふんに含まれる有機窒素化合物は菌類・細菌によりアンモニウムイオンとなる。アンモニウムイオンは（　カ　）のはたらきで硝酸イオンとなり，アンモニウムイオンとともに再び植物に吸収される。土壌中の硝酸イオンの一部は（　キ　）のはたらきで窒素ガスとなる。このはたらきを（　ク　）という。(a)一部の生物では大気中の窒素からアンモニウムイオンをつくることができ，このはたらきを窒素（　ケ　）という。

問 1　炭素の循環について，文中の（　ア　）～（　エ　）に入る語句として最も適当なものを，次の①～⑦のうちからそれぞれ一つずつ選べ。

① 呼吸　② 消化　③ 一酸化炭素
④ 生合成　⑤ 二酸化炭素　⑥ 化石燃料
⑦ 光合成

問 2　窒素の循環について，文中の（　オ　）～（　ケ　）に入る語句として最も適当なものを，次の①～⑩のうちからそれぞれ一つずつ選べ。

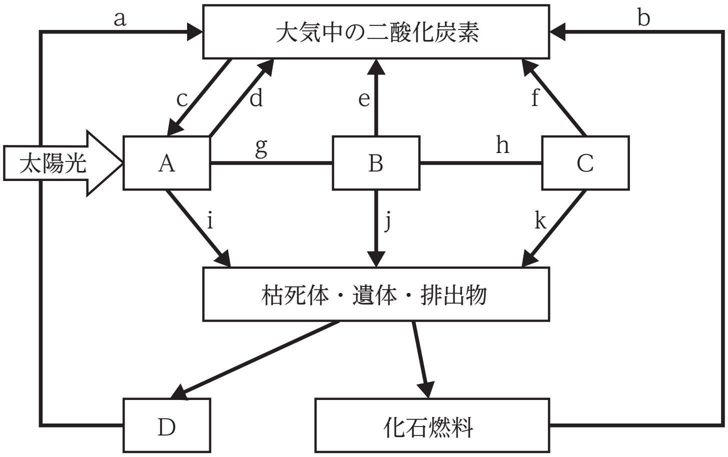
① 分解　② 固定　③ 乳酸菌　④ 同定　⑤ 脱窒素細菌
⑥ 同化　⑦ 酵素　⑧ 硝化菌　⑨ 根粒菌　⑩ 脱窒

問 3　大気中に含まれる窒素の体積として最も適当なものを，次の①～⑤のうちから一つ選べ。

① 約 20%　② 約 30%　③ 約 50%　④ 約 80%　⑤ 約 90%

第18講 PART3 確認問題

問1 次の図は，生態系における炭素循環の主な経路を示している。この図について，後の問いに答えよ。ただし，図のA～Dには生物が入り，矢印は有機物または二酸化炭素の移動を示している。



(1) 図中のAに当てはまる生物として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 植物　② 動物食性動物
③ 植物食性動物　④ 菌類・細菌

(2) 図中のDに当てはまる生物として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 植物　② 動物食性動物
③ 植物食性動物　④ 菌類・細菌

(3) 図中のa～kのうち，呼吸を表すものはどれか。それを過不足なく含むものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① a，d，e，f　② a，b，g，h
③ c，e，f，k　④ b，c，i，k

(4) 図中のa，b，c，gのうち，光合成を表すものはどれか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① a　② b　③ c　④ g

問2 窒素は，核酸やタンパク質などに含まれる生体に必須の元素の一つである。窒素もまた炭素と同じく，生態系の中を循環している。土壌中に含まれる硝酸イオンやアンモニウムイオンは，(a)植物によって根から吸収され，有機窒素化合物に合成される。動物は，植物によって合成された有機窒素化合物を利用する。動物や植物の枯死体や排出物に含まれている有機窒素化合物は，土壌中に存在する（　ア　）という細菌によって，アンモニウムイオンから硝酸イオンに変換される。一方，大気中にも窒素は含まれており，（　イ　）は，大気中の窒素をアンモニウムイオンに変換している。

(1) 下線部(a)を表す語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 窒素固定　② 窒素同化
③ 窒素酸化物　④ 窒素循環

(2) 文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 酵母　② 紅色硫黄細菌
③ 硫黄細菌　④ 硝化菌

(3) 文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 酵母　② 硫黄細菌
③ 窒素固定細菌　④ 硝化菌

第 19 講　生態系と人間活動

PART1　生物多様性と生態系サービス

目標
・生物多様性の３つの階層を理解する。
・生物多様性に影響を与える人間の活動を把握する。

Chapter1　生物多様性

◆ 生物多様性の階層

生物多様性には以下の３つの階層がある。

・(　　　　　　　　　)：
地球上には森林や草原，海洋など，生物が生息するさまざまな場（生態系）が存在している。

・(　　　　　　　)：
1 つの生態系内には，数多くの生物種が互いに相互作用しながら存在している。

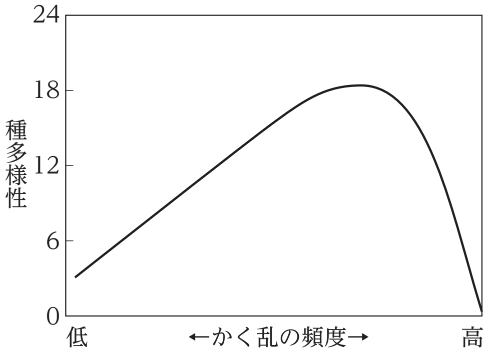
・(　　　　　　　　　)：
1 つの個体群内には，遺伝的差異にもとづいて個体間で形質のばらつきが存在している。

◆ かく乱と種多様性

生態系の一部が，台風や山火事，伐採などの外的な要因によって破壊されることを(　　　　　　)という。

かく乱の規模が大きい
→　不安定な環境に強い先駆的な種が優占的になる。

かく乱の規模が小さい
→　種間競争に強い種が優占的になる。



かく乱の程度が中程度なとき，生態系の種多様性が最も高くなるという考えを，(　　　　　　　　　　　)という。

Chapter2　生態系サービスと人間の活動による生態系への影響

◆ 生態系サービス

生態系から人間が得ている恩恵を（　　　　　　　　　　）という。生態系サービスには以下のようなものがある。

・基盤サービス　　…　植物による物質生産，酸素の供給，土壌の形成など
・供給サービス　　…　食料や水，燃料や医薬品，化石燃料など生活基盤の供給
・調節サービス　　…　気候の調節，洪水の抑制，水質の浄化など，環境変動の調節
・文化的サービス　…　海水浴や森林浴などの文化的な楽しみのフィールド

◆ 富栄養化

窒素やリンなどの栄養塩類の濃度の増加（富栄養化）が起こると，植物プランクトンの大量増殖（海域では赤潮，淡水域ではアオコ）が発生し，水中酸素濃度の減少によって多くの生物が死滅する場合がある。富栄養化の原因には，化学肥料の過剰な使用などがあげられる。

◆ 生息地の分断化

道路の建設などによって森林が開発されると，個体群の生息地が分断される場合がある。このように生じた孤立した個体群は，（　　　　　　　）とよばれる。

局所個体群では，さまざまな要因によって遺伝的多様性が減少する。
・近親交配によって出生率の低下などが起こる（　　　　　　）
・偶発的な性比の偏り

個体群密度の増加に伴い個体群の成長が促進される現象を（　　　　　　　）という。遺伝的多様性の減少によって，局所個体群は環境の変化に弱くなり，個体数はさらに減少する。また，個体群密度が小さくなると外敵への防衛力が低下し交配の機会が減少するため，さらに個体数が減少しやすくなり，アリー効果が低下する。

この過程が繰り返されることを絶滅の渦といい，絶滅の渦に巻き込まれた局所個体群は絶滅しやすくなる。

まとめ

・生物多様性には，生態系多様性・種多様性・遺伝的多様性の３段階がある。
・人間は生態系からさまざまな恩恵を受けるとともに，生態系にさまざまな影響を与えている。

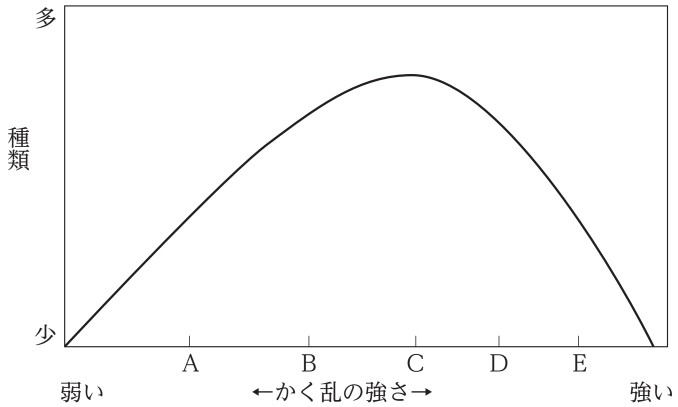
Chapter3　演習問題

生物多様性を考える場合には，「生態系，種，(　ア　) 多様性」の３つの捉え方が重要である。生物の多様性は自然現象や人間の活動により変化する。(a)かく乱とは，物理的な外力により生態系の一部を破壊するような外的要因であり，人間により外来生物が持ち込まれることによる人為かく乱もある。(b)種や個体群を絶滅させる要因や，生態系の多様性が種の多様性も高めていることを理解することが重要である。

問１　(　ア　) に入る語として最も適切なものを，次の①～⑤のうちから一つ選べ。

① 発生的　② 分化的　③ 応答的　④ 遺伝的　⑤ 起源的

問２　下線部 (a) について，かく乱の規模と生物の多様性を図に示す。図中の A ～ E のうち中規模かく乱説を示すものはどれか。最も適切なものを，あとの①～⑤のうちから一つ選べ。



① A　② B　③ C　④ D　⑤ E

問３　下線部 (b) について，**誤っているもの**を，次の①～⑤のうちから一つ選べ。

① 近交弱勢　② アリー効果の低下　③ 偶発的な性比の偏り
④ 有害遺伝子の蓄積　⑤ 遺伝的多様性の増加

第19講　PART1　確認問題

問1　地球上の生物は地域や環境により多様で，このことを生物多様性といい，3つの階層に分けて考えられている。次の文章（A～C）を読み，後の問いに答えよ。

A　ある地域では，森林や草原，河川，湖沼などのさまざまな環境があり，それぞれの環境に対応した生態系が存在していることが観察できた。

B　ある森林では，数多くの生物種が複雑な食物網において存在していることが観察できた。

C　ある河川では，上流にダムが建設されたことによりその生活環境が大きく変化したが，ある個体群の多くは環境変化後も生き残ることができた。

(1)　Aが表す生物多様性として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　遺伝的多様性　　②　種多様性

③　生態系多様性

(2)　Bが表す生物多様性として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　遺伝的多様性　　②　種多様性

③　生態系多様性

(3)　Cが表す生物多様性として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　遺伝的多様性　　②　種多様性

③　生態系多様性

問2 生態系から人間が得ている恩恵を，(a)生態系サービスという。一方で，人間の活動が生物の共存や生態系に影響を及ぼしていることが知られている。例えば，沿岸部では海水の富栄養化により植物プランクトンが大量に発生し，（　ア　）によって多くの生物が死滅する場合がある。また，道路の建設などにより森林が開発され，個体群の生息地が分断されると，（　イ　）や偶発的な性比の偏りにより，遺伝的多様性が減少する。

⑴ 下線部 (a) について，「食料や水，化石燃料など生活基盤を支える」サービスとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 基盤サービス　② 供給サービス
③ 調節サービス　④ 文化的サービス

⑵ 文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 水中への光の不到達
② 水中栄養分の枯渇
③ 水中酸素濃度の減少
④ 水中二酸化炭素濃度の増加

⑶ 文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 近交弱勢　② アリー効果
③ かく乱　④ 局所個体群

[写真・映像提供元]
アフロ，毎日新聞社

テキスト解答

第 8 講　DNA の構造と複製

PART1　DNAの構造

⑴　二重らせん構造

⑵　リン酸

⑶　デオキシリボース

⑷　A：アデニン　C：シトシン　G：グアニン　T：チミン

⑸　㈠ T　㈡ G　㈢ C　㈣ A

PART2　DNAの複製

⑴　ア：④　イ：②　ウ：⑦　エ：⑨　オ：⑧

⑵　酵素A：②　酵素B：⑤　酵素C：③

⑶　③

第９講　遺伝情報の発現

PART1　遺伝子の発現―転写

問１　①：G　②：C　③：G　④：C　⑤：T

問２　⑥：C　⑦：U　⑧：G　⑨：G　⑩：A

問３　⑴　⑥

⑵　③

PART2　遺伝子の発現―翻訳

⑴　③

⑵　①

PART3　遺伝子の発現調節

問１　ア：調節タンパク質（リプレッサー）　イ：オペレーター　ウ：オペロン

問２　ア：⑧　イ：③　ウ：⑤　エ：①

第 10 講　動物の発生

PART1　動物の配偶子形成と受精

⑴　(A)：二次精母細胞　(B)：精細胞　(C)：第一極体　(D)：第二極体

⑵　(ア)：$2n$　(イ)：n　(ウ)：n

⑶　②，③

⑷　一次精母細胞：250 個　一次卵母細胞：100 個

PART2　カエルの発生

⑴　(A)：灰色三日月環　(B)：原口　(C)：神経板　(D)：脊索

⑵　(ア)：③　(イ)：⑤　(ウ)：①　(エ)：②　(オ)：④

PART3　形成体と誘導

⑴　(ア)：⑧　(イ)：⑦　(ウ)：③　(エ)：⑤　(オ)：⑥

⑵　①

⑶　a：①　b：⑤　c：④　d：③　e：⑦

PART4　カエルの発生と遺伝子発現

⑴　ア：表層回転　イ：神経

⑵　形成体（オーガナイザー）

⑶　調節タンパク質

⑷　W：③　X：①　Y：④　Z：②

PART5　ショウジョウバエの発生と遺伝子発現

⑴　母性

⑵　(ア)：②　(イ)：①　(ウ)：⑥　(エ)：③　(オ)：⑤

⑶　ホックス遺伝子（Hox 遺伝子）

第 11 講　バイオテクノロジー

PART1　遺伝子を扱った技術

問　ア：制限酵素　イ：DNA リガーゼ　ウ：DNA ポリメラーゼ

エ：プライマー　　オ：ヌクレオチド

第 12 講　受容器

PART1　刺激の受容─眼

問１　ア：角膜　イ：ガラス体　ウ：盲斑　エ：網膜　オ：視神経

問２　(i)：毛様体　(ii)：厚くなる

問３　虹彩

問４　暗順応

問５　桿体細胞

PART2　耳とその他の受容器

(1)　ア：外耳道　イ：耳小骨　ウ：リンパ液　エ：基底膜　オ：おおい膜

(2)　前庭：内耳　耳管：中耳　聴細胞：内耳

(3)　(a)：②　(b)：④

(4)　①

第 13 講　ニューロンと神経系

PART1　ニューロンの興奮

⑴　ア：細胞体　　イ：軸索　　ウ：樹状突起

　　エ：シュワン　オ：神経鞘　カ：髄鞘

⑵　④

PART2　興奮の伝導と伝達

問1　ア：正　イ：負　ウ：静止　エ：活動　オ：伝導

問2　ア：カルシウム　イ：シナプス小胞　ウ：神経伝達物質　エ：ナトリウム

PART3　神経系

問1　ア：脊髄　イ：末しょう　ウ，エ：感覚，運動（順不同）

問2　⑴　ア：④　イ：②　ウ：③　エ：⑤

　　⑵　ア：⑥　イ：④　ウ：③　エ：⑤

第 14 講　効果器

PART1　筋肉の構造と収縮

(1)　ア：⑧　イ：⑦　ウ：②　エ：④　オ：⑤

(2)　③

(3)　③

(4)　①：アクチンフィラメント　②：ミオシンフィラメント
③：Ｚ膜　④：サルコメア

PART2　筋収縮とエネルギー

(1)　ア：単収縮　イ：不完全強縮　ウ：完全強縮

(2)　クレアチンリン酸

第 15 講　動物の行動

PART1　生得的な行動

問 1　ア：生得的　イ：かぎ　ウ：フェロモン　エ：性フェロモン

問 2　⑤

PART2　学習

(1)　ア：脱慣れ　イ：介在ニューロン　ウ：シナプス

エ：神経伝達物質　オ：セロトニン　カ：カルシウムイオン

(2)　慣れ

(3)　鋭敏化

第16講　植物の環境応答

PART1　発芽の調節

(1)　④

(2)　③

PART2　成長の調節

(1)　ア：セルロース　イ：横　ウ：縦　エ：縦　オ：横　カ：成長運動

(2)　(あ)：根　(い)：茎

PART3　花芽形成の調節

(1)　ア：光周性　イ：フロリゲン　ウ：長日植物　エ：短日植物　オ：春化

(2)　(a)：ホウレンソウ　(b)：ダイズ

(3)　(A)：×　(B)：○　(C)：○　(D)：×

PART4　環境の変化に対する応答

(1)　ア：2　イ：膨圧　ウ：厚い　エ：薄い
オ：青色　カ：開く　キ：アブシシン酸　ク：閉じる

(2)　①

PART5　植物の配偶子形成と受精

(1)　ア：花粉母細胞　イ：花粉四分子　ウ：雄原細胞　エ：花粉管細胞
オ：卵細胞　カ：助細胞　キ：反足細胞　ク：中央細胞
ケ：極核　コ：精細胞

(2)　重複受精

(3)　①　$2n = 18$　②　$3n = 27$

第17講　生物の集団

PART1　個体群と個体群密度

問1　ア：個体群　イ：成長曲線　ウ：環境収容力　エ：密度効果　オ：相変異
カ：孤独相　キ：群生相

問2　(a)：A　(b)：C

PART2　個体群の構成

問1　ア：個体群　イ：生命表　ウ：生存曲線

問2　A：①　B：③　C：②

問3　A：②，④　B：③，⑥　C：①，⑤

PART3　種内関係

問1　ア：群れ　イ：利益　ウ：順位　エ：縄張り

問2　B

PART4　種間関係

問1　ア：捕食　イ：被食　ウ：寄生　エ：寄生者
オ：宿主　カ：共生　キ：窒素固定

問2　(B)

PART5　生態的地位と種間競争

問1　ア：生物群集　イ：ニッチ　ウ：種間競争　エ：競争的排除　オ：すみわけ

問2　A：○　B：×　C：×

第 18 講　物質生産と物質循環

PART1　生態系における物質生産

問 1　生産構造図

問 2　X：同化器官　　Y：非同化器官

問 3　図(a)：イネ科型　図(b)：広葉型

PART2　物質収支

問 1　⑤

問 2　⑥

問 3　④

PART3　エネルギーの流れと物質循環

問 1　ア：⑤　イ：⑦　ウ：①　エ：⑥

問 2　オ：⑥　カ：⑧　キ：⑤　ク：⑩　ケ：②

問 3　④

第 19 講　生態系と人間活動

PART1　生物多様性と生態系サービス

問1　④

問2　③

問3　⑤

確認問題解答

第 8 講　PART1　確認問題　解答

問 1

(1)　④

解説：
DNA も RNA もともに核酸に分類され，DNA はデオキシリボ核酸，RNA はリボ核酸という。

(2)　④

解説：
DNA の塩基には A（アデニン），T（チミン），G（グアニン），C（シトシン）が，RNA の塩基には A，U（ウラシル），G，C がある。

(3)　②

解説：
ヌクレオチドはリン酸，糖，塩基からなり，DNA の糖はデオキシリボースで，RNA の糖はリボースである。

問 2

(1)　②

解説：
ヌクレオチド鎖には方向性があり，リン酸側の末端を 5′末端，その反対側を 3′末端という。

(2)　②

解説：
2 本鎖 DNA において，向かい合う塩基の組み合わせは決まっており，A と T，G と C が向かい合う。この関係性を塩基の相補性という。

(3)　①

解説：

2 本のヌクレオチド鎖が塩基を内側に向けて水素結合で結合することで，2 本鎖 DNA ができる。

第 8 講　PART2　確認問題　解答

問 1

(1)　②

解説：
DNA ヘリカーゼによって，2 本鎖 DNA の二重らせん構造がほどかれる。

(2)　③

解説：
DNA ポリメラーゼによって，鋳型鎖に相補的な塩基をもつヌクレオチドが順次結合されていく。

(3)　①

解説：
DNA ポリメラーゼは新生鎖を 5′→ 3′の方向にしか伸長できないため，プライマーの 3′末端で鋳型鎖に相補的なヌクレオチドが結合する。

(4)　①

解説：
新生される DNA 鎖には，開裂方向に連続的に合成されるリーディング鎖と，不連続に合成されるラギング鎖がある。

(5)　③

解説：
DNA は，DNA ポリメラーゼによって半保存的に複製される。

(6)　③

解説：
岡崎フラグメントがDNAリガーゼという酵素によって連結することで，新生鎖が合成される。

問2

①

解説：
原核生物のDNAは環状で，複製起点は1個である。一方，真核生物のDNAは線状で，複製起点は複数個ある。

第 9 講　PART1　確認問題　解答

問 1

(1)　①

解説：
RNA に含まれる糖はリボースで，塩基にはアデニン，ウラシル，グアニン，シトシンの 4 種類がある。

(2)　③

解説：
転写では，DNA の鋳型鎖と相補的な塩基配列をもつ RNA が合成される。

(3)　④

解説：
翻訳では，RNA の情報にもとづいてタンパク質が合成される。

(4)　②

解説：
遺伝情報は，DNA → RNA →タンパク質の一方向に流れていて，この流れをセントラルドグマという。

問 2

(1)　③

解説：
発現する遺伝子領域の転写開始点の近くにある，特別な塩基配列をもつ領域をプロモーターという。

⑵　④

解説：
プロモーターに RNA 合成酵素である RNA ポリメラーゼが結合することで，遺伝子領域の 2 本鎖 DNA がほどけて，1 本鎖となる。

⑶　②

解説：
転写の際，鋳型となった DNA 鎖をアンチセンス鎖，鋳型とならなかった DNA 鎖をセンス鎖という。

問 3

②

解説：
翻訳されない配列をイントロン，翻訳される配列をエキソンといい，転写によってできた RNA は，イントロンの領域が除かれて，エキソンの領域が連結されることで mRNA となる。この過程をスプライシングという。

第 9 講　PART2　確認問題　解答

問 1

②

解説：
mRNA は，合成されるタンパク質のアミノ酸配列の情報を伝える役割を，rRNA はリボソームを構成する役割を担う。

問 2

④

解説：
転写で合成された mRNA にリボソームが結合する。tRNA によって，コドンに対応した特定のアミノ酸がリボソームまで運ばれ，アミノ酸どうしがペプチド結合で連結する。

問 3

(1)　④

解説：
4 種類の塩基の 3 つ組のため，$4^3 = 64$ 種類のコドンが存在するが，タンパク質の合成に利用されるアミノ酸は 20 種類しかない。

(2)　④

解説：
システインに対応するコドンは 2 種類，ロイシンに対応するコドンは 6 種類，リシンに対応するコドンは 2 種類，バリンに対応するコドンは 4 種類あるので，$2 \times 6 \times 2 \times 4 = 96$ 種類となる。

問４

②

解説：

真核生物では転写が核内，翻訳が細胞質で行われるのに対して，原核生物では転写も翻訳も細胞質で行われる。

第 9 講　PART3　確認問題　解答

問 1

(1)　②

解説：
原核生物では，機能的に関連しているタンパク質の遺伝子は DNA 上で隣接して存在する。このような構造遺伝子のまとまりを，オペロンという。

(2)　①

解説：
リプレッサーがオペレーターに結合していると，RNA ポリメラーゼがプロモーターに結合できない。

(3)　③

解説：
RNA ポリメラーゼがプロモーターに結合して，転写が起こる。

問 2

(1)　②

解説：
クロマチンとよばれる構造の状態に応じて，遺伝子の発現のしやすさは変化する。

(2)　①

解説：
真核生物の遺伝子発現には，基本転写因子が必要であり，1 つの構造遺伝子ごとに複数の調節タンパク質によって転写が調節される。

第 10 講　PART1　確認問題　解答

問 1

(1)　①

解説：
精巣内では，精原細胞が体細胞分裂を繰り返しており，その一部が成熟して一次精母細胞となる。

(2)　③

解説：
一次精母細胞（$2n$）が減数分裂第一分裂によって，2 個の二次精母細胞（n）となる。

(3)　④

解説：
2 個の二次精母細胞は，減数分裂第二分裂によって，あわせて 4 個の精細胞となる。

(4)　④

解説：
精子は，ゴルジ体に由来する構造の先体と核からなる頭部，ミトコンドリアからなる中片部，中心体によって形成される鞭毛からなる尾部で形成されている。

問 2

(1)　②

解説：
動物の雌では，始原生殖細胞が卵巣に移動し，卵原細胞に分化する。

(2)　③

解説：
減数分裂第一分裂以降，核相は n である。

問３

④

解説：
受精の結果，卵黄膜が受精膜に変化し，受精膜によって他の精子が卵内に進入することを防いでいる。

第10講　PART2　確認問題　解答

問1

(1)　④

解説：
発生初期の体細胞分裂を卵割といい，卵割の結果生じた細胞が割球である。

(2)　②

解説：
割球が成長しないまま次の分裂が起こるため，割球は徐々に小さくなる。

(3)　①

解説：
卵割は，間期が短く，細胞周期のペースが速い。

問2

(1)　①

解説：
カエルの受精では，卵の動物半球に精子が進入することで卵の表層が約 30°回転する表層回転が起こる。

(2)　③

解説：
表層回転によって，精子の進入点の反対側に周囲と色が異なる灰色三日月環が生じる。灰色三日月環は将来背側の構造へと分化する。

⑶　③

解説：
カエルの卵は，卵黄量が多く，植物極側に偏って分布しているため，8 細胞期の割球が不均等になる。

⑷　①

解説：
桑実胚期には，動物極側に卵割腔とよばれる内腔ができ，この内腔が胞胚期には胞胚腔となる。

⑸　①

解説：
カエルの発生は，受精卵から卵割を経て，桑実胚期，胞胚期，原腸胚期，神経胚期，尾芽胚期の順番で進む。

⑹　②

解説：
体の外側や神経を形成する細胞群が外胚葉，消化管や消化管に付随する臓器を形成する細胞群が内胚葉である。

第 10 講　PART3　確認問題　解答

問 1

(1)　④

解説：
周囲の組織にはたらきかけ，その発生運命に影響を与える作用を誘導という。

(2)　①

解説：
誘導能をもつ領域を形成体という。

(3)　④

解説：
形成体の存在を発見したのは，ドイツのシュペーマンである。

(4)　③

解説：
シュペーマンの実験結果から，予定神経域と予定表皮域の発生運命は，初期原腸胚期には未確定であるが，初期神経胚期には決定していることがわかる。

問 2

②

解説：
予定内胚葉である植物極側は，予定外胚葉である動物極側の領域を中胚葉に分化させる形成体としてはたらく。

問３

①

解説：

イモリの眼の形成過程では，誘導の連鎖がみられる。背側の中胚葉，眼杯，水晶体が形成体となる。

第 10 講　PART4　確認問題　解答

問 1

④

解説：

母性因子は，母性効果遺伝子に由来する mRNA やタンパク質などであり，卵内に偏って存在する。

問 2

(1)　②

解説：

カエルの受精卵の植物極側には，母性因子として，*VegT* という遺伝子の mRNA が偏って存在している。

(2)　①

解説：

VegT タンパク質は，植物極側に偏って分布する。

(3)　①

解説：

VegT タンパク質は，中胚葉誘導を引き起こすノーダルタンパク質の合成を促す。

第 10 講　PART5　確認問題　解答

問 1

(1)　②

解説：
母性効果遺伝子の mRNA は，母親の細胞で母親の遺伝子から転写され卵に蓄積する。

(2)　③

解説：
受精卵の前方にはビコイドタンパク質，後方にはナノスタンパク質が濃度勾配を形成する。

問 2

(1)　②

解説：
ビコイドタンパク質とナノスタンパク質の濃度勾配に応じて，段階的に体節の構造を決定する分節遺伝子がはたらく。

(2)　③

解説：
ホメオティック遺伝子のはたらきによって，体節の構造が決定する。

(3)　④

解説：
ホメオティック遺伝子と同じようなはたらきをもつ遺伝子が，ヒトやマウスでも発見されている。このような構造形成に関わる共通した遺伝子を，ホックス遺伝子という。

第 11 講　PART1　確認問題　解答

問 1

(1)　③

解説：
制限酵素は，細菌に由来する DNA 分解酵素で，さまざまな種類があり，それぞれ特定の塩基配列を認識して切断する。

(2)　①

解説：
DNA リガーゼは，DNA 断片どうしを連結する酵素である。

(3)　②

解説：
大腸菌は，ゲノム DNA とは別に，プラスミドという小さい環状の DNA をもっていて，これがベクターとして利用される。

問 2

(1)　②

解説：
PCR 法（ポリメラーゼ連鎖反応法）で，解析したい DNA を大量に増やすことができる。

(2)　②

解説：
約 60℃で，目的の領域にプライマーが結合する。

⑶　③

解説：

約 72℃は，PCR 法に用いられる耐熱性 DNA ポリメラーゼの最適温度なので，DNA 合成の伸長反応が進む。

操作Ⅰは，塩基間の水素結合を切って，2 本鎖 DNA を 1 本鎖に開裂するために行われる。

問3

⑴　③

解説：

DNA は水溶液中で負の電荷をもつので，DNA を含む試料を寒天でできたゲルのくぼみにいれ電圧をかけると，DNA は陽極側に移動する。

⑵　②

解説：

電気泳動法では，DNA を大きさによって分離することができる。

第12講 PART1　確認問題　解答

問1

(1)　①

解説：
脳や脊髄などの中枢神経系では，情報の処理を行い，適切な命令を下している。

(2)　③

解説：
眼は光，耳は音波やからだの傾き・回転，舌は液体中の化学物質を受容する。

問2

(1)　③

解説：
眼に入った光は，角膜と水晶体で屈折し，ガラス体（A）を経て網膜（B）で受容される。網膜の，錐体細胞が集中して存在する部分を黄斑（C）という。

(2)　④

解説：
視神経の軸索の束が網膜（B）を貫く部分は盲斑（D）とよばれ，光を受容することができない。C は黄斑といい，錐体細胞が集中的に分布している。

問３　①

解説：
視細胞には桿体細胞と錐体細胞があり，桿体細胞の形状は棒状である。

問４　②

解説：
明暗を見分けることに関与する桿体細胞に存在するロドプシンの量が減少すると感度が低下し，増加すると感度が上昇する。

第12講　PART2　確認問題　解答

問 1

(1)　④

解説：

聴覚の受容器が存在する部位は D のうずまき管である。

(2)　②

解説：

体の傾きを感知する受容器は B の前庭で，内部はリンパ液で満たされている。からだが傾くと平衡砂がずれ，特定の位置の感覚毛が強く屈曲することで，刺激を受容する。

(3)　①

解説：

からだの回転を感知する受容器は A の半規管で，内部はリンパ液で満たされている。3 つの半規管が互いに直行しているため，どの方向の回転も受容できる。

問 2

(1)　②

解説：

耳小骨は鼓膜の振動を増幅し，うずまき管に伝える。

(2)　④

解説：

うずまき管の内部のリンパ液が振動し，その結果，基底膜が振動する。

⑶　①

解説：
コルチ器のおおい膜が聴細胞の感覚毛に触れ，聴細胞が興奮する。

問３　②

解説：
空気中の化学物質は，嗅覚器である嗅上皮が受容し，水溶液中の化学物質は，味覚器である味覚芽が受容する。

第13講　PART1　確認問題　解答

問 1

(1)　②

解説：
感覚神経を構成するニューロンが感覚ニューロン，中枢神経系を構成するニューロンが介在ニューロン，運動神経を構成するニューロンが運動ニューロンである。

(2)　④

解説：
ニューロンは，核のある細胞体と，細胞体から伸びる多数の突起からなる。

(3)　①

解説：
軸索は細胞体から細長く伸びた突起で，樹状突起は細胞体から枝分かれした短い突起である。

(4)　③

解説：
軸索の多くはシュワン細胞でできた神経鞘で包まれている。

(5)　②

解説：
髄鞘がない部分はランビエ絞輪とよばれる。

問 2

(1) ②

解説：
ニューロンが刺激されると，まずナトリウムチャネルが開き，Na^+ が細胞内に流入する。次に，ナトリウムチャネルが閉じて，カリウムチャネルが開き，K^+ が細胞外に流出する。

(2) ③

解説：
活動電位が発生することを興奮という。

問 3 ④

解説：
神経では全か無かの法則は成り立たず，刺激が強くなるほど興奮するニューロンの本数が増え，全体として大きな反応を示す。

第13講　PART2　確認問題　解答

問1

(1)　③

解説：
軸索の途中を刺激した場合，伝導は両方向に進み，伝達は特定の方向にのみ伝わる。

(2)　④

解説：
髄鞘には絶縁性があるため，その部位には活動電流が流れない。

(3)　①

解説：
有髄神経繊維では，ランビエ絞輪からランビエ絞輪へと興奮が飛び石状に伝導する。これを跳躍伝導という。

問2

(1)　①

解説：
興奮性シナプスでは，シナプス後細胞内への Na^+ の流入が促され膜電位が上昇する。

(2)　②

解説：
興奮がシナプス前細胞の軸索末端まで伝導すると，カルシウムチャネルが開き，シナプス前細胞内に Ca^{2+} が流入する。

(3)　③

解説：
シナプスでは，神経伝達物質によって興奮の伝達が起こる。

第13講　PART3　確認問題　解答

問1　②

解説：
末しょう神経系のうち，体性神経系には運動神経と感覚神経が，自律神経系には交感神経と副交感神経が分類される。集中神経系は，中枢神経系と末しょう神経系に分化した神経系のことをいう。

問2

(1)　②

解説：
姿勢の保持，眼球運動，瞳孔反射の中枢となるのは中脳である。

(2)　③

解説：
からだの平衡の保持や運動の調節の中枢となるのは小脳である。

(3)　④

解説：
心臓拍動や呼吸運動，せき，くしゃみ，唾液分泌などの反射の中枢となるのは延髄である。

(4)　③

解説：
間脳，中脳，延髄を合わせて脳幹とよび，生命維持に直接関係する中枢の集合体となる。

(5)　②

解説：
大脳皮質はニューロンの細胞体が集まり，灰白色をしているため灰白質という。

問3

(1)　①

解説：
脊髄皮質はニューロンの軸索が集まり，白色をしているため白質という。

(2)　②

解説：
感覚神経は背根を通って脊髄内に入る。

(3)　①

解説：
運動神経は腹根を通って脊髄から出る。

(4)　①

解説：
反射中枢が脊髄の反射の例として，屈折反射としつがい腱反射がある。

第14講　PART1　確認問題　解答

問1

(1)　②

解説：
筋繊維内には，筋原繊維とよばれる繊維状のタンパク質複合体が多数存在する。

(2)　③

解説：
サルコメアは筋収縮の最小単位となり，両端は Z 膜である。

(3)　①

解説：
明帯はアクチンフィラメントのみ，暗帯はアクチンフィラメントとミオシンフィラメントから構成されている。

(4)　④

解説：
ミオシンはミオシンフィラメントの構成タンパク質である。

問2

(1)　②

解説：
運動神経からの刺激によって，骨格筋の収縮，すなわち筋収縮が起こる。

⑵　③

解説：

ATP の分解に伴って，ミオシン頭部の構造が変化する。

⑶　③

解説：

筋収縮は ATP のエネルギーによって，ミオシンフィラメントの間にアクチンフィラメントが滑り込むことで起こる。これを滑り説という。

第14講　PART2　確認問題　解答

問1

(1)　④

解説：

A の単収縮は，刺激が与えられてから収縮が始まるまでの潜伏期，収縮が開始してから最大収縮になるまでの収縮期，最大収縮からし緩していくし緩期に分けられる。

(2)　③

解説：

筋肉は，刺激の頻度に応じて収縮のしかたが変わっていき，低頻度の刺激に対しては単収縮，中頻度の刺激に対しては不完全強縮，高頻度の刺激に対しては完全強縮を示す。

(3)　③

解説：

A は単収縮，B は不完全強縮，C は完全強縮を記録したものである。

問2

(1)　④

解説：

クレアチンリン酸から ADP にリン酸基が転移して，ATP を合成する。

⑵　②

解説：
ATP は，酸素が十分にある場合は呼吸によって，酸素がない場合は乳酸を生成する解糖によって合成される。

⑶　①

解説：
安静時には，呼吸によって生じた ATP を用いて，クレアチンからクレアチンリン酸を合成し，エネルギーが蓄えられる。

第15講　PART1　確認問題　解答

問1

(1)　②

解説：
生得的行動のうち本能的な行動は，かぎ刺激（信号刺激）によって引き起こされる。

(2)　④

解説：
動物は，環境中の刺激を目印にして特定の方向を定めており，この行動を定位という。

問2

(1)　①

解説：
カイコガの雌は，性フェロモンによって雄を引き付けている。

(2)　③

解説：
アリは道しるべフェロモンを分泌するほか，外敵に遭遇したときに警報フェロモンを分泌し，仲間に警戒を促している。

問3

(1)　②

解説：
ミツバチは巣箱内の，地面に垂直な板の上で，鉛直上方を太陽の方角と見立ててダンスを行う。

(2)　①

解説：
鉛直方向に反時計回りで 45°傾いた方向が尻振りダンスにおける直進方向となるように，ダンスを行っているので，太陽の方向から反時計回りに 45°傾いた位置にえさ場がある。

第 15 講　PART2　確認問題　解答

問 1

(1)　③

解説：
刺激を受けることで生じる生得的な反応が，同じ刺激を繰り返し受けることで小さくなることを慣れという。

(2)　②

解説：
自発的な行動とその結果生じる報酬などの出来事が結びついて学習されることを，オペラント条件付けという。

問 2

(1)　①

解説：
慣れが生じたアメフラシの尾部に強い刺激を与えると，慣れが解除され，刺激を与えると再びえらを引っ込める反射が生じる（脱慣れ）。

(2)　④

解説：
尾部に，より強い刺激を与えると，通常であれば反応しない微弱な刺激でもえらを引っ込める反射が生じる（鋭敏化）。

(3)　③

解説：
尾部に刺激を与えると，カルシウムチャネルが開きやすくなり，Ca^{2+} の流入量が増加して，えら引っ込め反射が起こりやすくなる。

問３　②

解説：
古典的条件付けとは，条件刺激のもとで無条件刺激によって起こる反応を繰り返して，条件刺激だけで無条件反応と同じ反応が起こることである。(a) と (c) はオペラント条件付けを表す。

第 16 講　PART1　確認問題　解答

問 1

①

解説：
重力は，発芽した植物が成長するときに感知する環境要因である。

問 2

(1)　③

解説：
胚乳の周囲の部位は糊粉層である。

(2)　②

解説：
胚でジベレリンが合成され，糊粉層に作用する。

(3)　③

解説：
糊粉層で合成されたアミラーゼは，胚乳のデンプンを分解する。

問 3

(1)　①

解説：
不活性型のフィトクロム Pr 型は，赤色光(光 A)を吸収して活性型のフィトクロム Pfr 型になる。

⑵　①

解説：
光発芽種子は，赤色光によってフィトクロムが活性型の Pfr 型となり発芽が促進され，遠赤色光によってフィトクロムが不活性型の Pr 型となって発芽が抑制される。

⑶　③

解説：
カボチャは，光発芽種子とは逆に，光によって発芽が抑制される暗発芽種子である。

第16講　PART2　確認問題　解答

問1

（1）②

解説：
ジベレリンには，セルロース繊維が横方向にそろうように促すはたらきがある。

（2）①

解説：
オーキシンには，細胞壁の構造を緩めて吸水による細胞の体積の増加を促すはたらきがある。

（3）③

解説：
エチレンには，セルロース繊維が縦方向にそろうように促すはたらきがある。

問2　③

解説：
花粉管は，胚珠から出る化学物質（ルアーとよばれる）を感知して伸びる方向を決定している。

問3

（1）②

解説：
オーキシンは植物の成長を促進するなどさまざまな作用をもった化学物質の総称であり，植物が合成する天然のオーキシンとして，インドール酢酸（IAA）がある。

⑵　④

解説：
光の刺激は，青色光の受容体であるフォトトロピンによって受容される。

⑶　②

解説：
フォトトロピンのはたらきにより，オーキシンは光が当たっていない側に輸送される。

⑷　①

解説：
正の重力屈性を示すのは根なので，根ではオーキシンの濃度が低い側が成長を促進していることになる。よって，根の方が，茎よりもオーキシンに対する感受性が高い。

第16講　PART3　確認問題　解答

問1

（1）④

解説：
多くの被子植物では茎や根に形成層とよばれる分裂組織があり，肥大成長にかかわっている。

（2）③

解説：
頂芽でつくられたオーキシンが下方に伝わり，オーキシンによって側芽の成長が抑制される（頂芽優勢）。

問2

（1）①

解説：
生物が外部環境の明期や暗期の長さに反応する性質を，光周性という。

（2）④

解説：
①と②は短日植物，③は中性植物である。

（3）②

解説：
①，③，④はすべて長日植物である。

問3

(1)　②

解説：
Cは暗期の途中で光照射を行っており，限界暗期より短い連続した暗期しか獲得できていないため，花芽を形成しない。

(2)　①

解説：
植物の光周性における赤色光の受容には，葉に存在する光受容体のフィトクロムが関与している。

第 16 講　PART4　確認問題　解答

問 1

(1)　②

解説：
気孔は光合成や呼吸の際の二酸化炭素や酸素，蒸散の際の水蒸気など気体の移動経路となる。

(2)　④

解説：
青色光をフォトトロピンが受容することで，気孔が開口する。

(3)　④

解説：
孔辺細胞内に K^+ が流入して，浸透圧が上昇することで，孔辺細胞内に水が流入する。孔辺細胞の気孔側の細胞壁が厚くなっているため，孔辺細胞が吸水して膨張すると気孔が開く。

(4)　①

解説：
乾燥によってアブシシン酸が合成されることで，気孔が閉鎖される。

問2

（1）②

解説：
食害を受けた葉では，ジャスモン酸が合成される。ジャスモン酸の作用を受けると，昆虫の消化酵素の作用を阻害する物質が合成される。

（2）③

解説：
エチレンの作用により，ウイルスの増殖を抑制する物質の合成が促される。

第 16 講　PART5　確認問題　解答

問 1

(1)　①

解説：

花粉母細胞が減数分裂した結果，花粉四分子が生じる。花粉四分子の細胞は 1 つ 1 つ分離して花粉となる。

(2)　③

解説：

花粉四分子の細胞が分裂すると，大きな花粉管細胞と小さな雄原細胞が生じる。雄原細胞が体細胞分裂をすることで，精細胞が生じる。

(3)　④

解説：

胚のう母細胞が減数分裂した結果，大きな胚のう細胞と 3 個の小型の細胞（のちに退化）が生じる。

(4)　③

解説：

胚のう細胞は 3 回の核分裂を経て，胚のうが形成される。

(5)　②

解説：

胚のうは，3 個の反足細胞・2 個の助細胞・2 個の極核をもつ 1 個の中央細胞，および 1 個の卵細胞からなる。

⑹　③

解説：
1 個の花粉母細胞から，4 個の細胞よりなる花粉四分子が生じ，さらにそれぞれの細胞から 2 個の精細胞ができるので，合計 8 個の精細胞ができることになる。

問 2

⑴　②

解説：
重複受精では，卵細胞と精細胞の受精で生じた受精卵からは胚が，中央細胞と精細胞の融合で生じた胚乳細胞からは胚乳が生じる。

⑵　③

解説：
有胚乳種子は主に単子葉類やカキノキなどが，無胚乳種子ではマメ科やアブラナ科，ブナ科などが分類される。

第 17 講　PART1　確認問題　解答

問 1

(1)　④

解説：
個体群内の個体どうしには遺伝的な交流があるため，地理的に隔てられている場合は，別の個体群に属するとみなされる。

(2)　③

解説：
A は集中分布，B は一様分布，C はランダム分布である。

(3)　③

解説：
A には群れをつくる動物が，B には縄張りをつくる動物が該当する。

問 2

(1)　②

解説：
区画法は，植物や移動が少ない動物の個体数を調査する場合に適している。

(2)　③

解説：
標識後に再捕獲されたコイは 60 匹中 15 匹なので，池には $\frac{30 \times 60}{15} = 120$ 匹が生息すると推定できる。

問３　④

解説：
実際の環境では，個体群密度の増加に伴い種内競争が激しくなったり，老廃物が蓄積して生活環境が悪化したりするため，出生率の低下や死亡率の増加が起こり，個体数は環境収容力に収束する。

第17講　PART2　確認問題　解答

問1

(1)　④

解説：
ある個体群において，生まれた子の数がどのように減っていくかを示したグラフを生存曲線という。

(2)　①

解説：
A には，大型哺乳類や大型鳥類などが属し，多くの個体が寿命まで生きる。

(3)　④

解説：
B は，生涯を通じて，ほぼ一定の生存率（死亡率）となり，小型鳥類や爬虫類，ヒドラなどが属する。

問2

(1)　③

解説：
老化型は，生殖期以前の個体数が少ないために生殖期に入る個体が少なく，個体数は減少傾向にある。

(2)　②

解説：
安定型は，出生率が幼若型よりも少なく，各齢における死亡率が最大寿命まで低く，個体数は安定している。

第17講　PART3　確認問題　解答

問1

(1)　②

解説：
縄張りによって得られる利益と，縄張りを維持するためにかかるコストの差が最大となる大きさが，最適な縄張りの大きさである。

(2)　①

解説：
A のグラフは縄張りによって得られる利益を表す。②，③はいずれも縄張りを維持するのにかかるコストに分類される。

問2

(1)　①

解説：
群れにおいて，親以外の個体が子の世話をする場合を共同繁殖という。

(2)　②

解説：
ヘルパーの例として，他にはオナガが挙げられる。

(3)　③

解説：
周囲への警戒にかかる時間と，個体間の争いにかかる時間の和が最も小さくなる群れの大きさが，採餌に費やせる時間が最も多い最適な群れの大きさとなる。

第17講　PART4　確認問題　解答

問1　②

解説：
同種の個体の集まりを個体群といい，さらに複数の個体群の集まりを生物群集という。

問2

(1)　①

解説：
A は相利共生であり，互いに利益を受け合っている。

(2)　③

解説：
B は片利共生であり，コバンザメは利益を受けるが，サメは利益も不利益も受けない。

(3)　①

解説：
C は一方が利益を，もう一方が不利益を受ける寄生という関係で，ノミとネコが例として挙げられる。

(4)　②

解説：
D はともに不利益を受ける競争の関係にあり，カキとフジツボが例として挙げられる。

問３　②

解説：

被食者が減少すると少し遅れて捕食者が減少し，捕食者が減少すると少し遅れて被食者が増加して，それを食べる捕食者も再び増加する。

第17講　PART5　確認問題　解答

問1

(1)　④

解説：
種間競争は両方の種にとって不利益となるため，場合によっては一方の種は排除される。このことを競争的排除という。

(2)　③

解説：
同一容器内において，上の空間と下の空間とに分かれて共存しているので，すみわけが生じている。

問2

(1)　①

解説：
生態系内で何を食べているか，どこに生息しているかなど，各生物種が占める位置を，生態的地位またはニッチという。

(2)　②

解説：
生態的地位（ニッチ）の分割には，生活空間の重なりを減らすすみわけや，食性の重なりを減らす食いわけがある。

(3)　③

解説：
生態的地位（ニッチ）の重なりが大きいほど，資源をめぐる種間の競争は激しくなる。

第18講　PART1　確認問題　解答

問1

（1）　①

解説：
非生物的環境には，光や大気，土壌，水，温度などが含まれる。

（2）　②

解説：
非生物的環境が生物群集に及ぼす影響のことを作用，その反対を環境形成作用という。

問2

（1）　②

解説：
生産者における有機物の生産過程を物質生産といい，植物の物質生産はおもに同化器官である葉で行われる。

（2）　①

解説：
広葉型では，広い葉が水平に上部につき，光合成を行う層が上部に集中している。

問3　③

解説：
A は純生産量，B は総呼吸量，C は総生産量である。森林の純生産量は，林齢とともに徐々に小さくなっていく。

第 18 講　PART2　確認問題　解答

問 1

(1)　③

解説：
総生産量のうち純生産量に入り，被食量には該当しない部分は成長量と D（D_0，D_1）の枯死量（死滅量）である。

(2)　②

解説：
総生産量のうち純生産量に入り，次の栄養段階に利用される部分は被食量である。

(3)　①

解説：
光合成によって固定される総生産量のうち，純生産量に該当しない部分は呼吸量である。

(4)　②

解説：
総生産量は，純生産量に呼吸量を足したものである。

(5)　②

解説：
消費者の同化量は，生産者における総生産量に該当する。

問2

(1)　②

解説：

生産者のエネルギー効率（%）は，

総生産量÷太陽からの入射エネルギー× 100

で求められ，エネルギー効率は上位の栄養段階ほど高くなっていく。

(2)　①

解説：

生産者の$\frac{1}{100}$が一次消費者に，その$\frac{1}{10}$が二次消費者に利用されるので, 生産者の$\frac{1}{1000}$が二次消費者に利用される。

第18講　PART3　確認問題　解答

問 1

(1)　①

解説：
A は太陽光を利用して光合成を行い，CO_2 を取り込む生産者である。B は植物食性動物，C は動物食性動物である。

(2)　④

解説：
D は生産者や消費者から出る枯死体や排出物を分解する菌類・細菌である。

(3)　①

解説：
植物，植物食性動物，動物食性動物，菌類・細菌は，呼吸によって大気中に二酸化炭素を出している。

(4)　③

解説：
光合成は植物によって行われる。

問 2

(1)　②

解説：
生物が，簡単な窒素化合物から生体に必要な有機窒素化合物を合成することを窒素同化という。

⑵　④

解説：
土壌中のアンモニウムイオンは亜硝酸菌により亜硝酸イオンに，さらに硝酸菌によって硝酸イオンに変換される。亜硝酸菌や硝酸菌を合わせて，硝化菌という。

⑶　③

解説：
大気中の窒素をアンモニウムイオンに変換しているのは窒素固定細菌である。窒素固定細菌には，マメ科植物と共生する根粒菌も含まれる。

第19講　PART1　確認問題　解答

問1

（1）③

解説：
A は複数の環境が含まれている生態系の記述で，地球上には生物が生息するさまざまな場が存在していることを示している（生態系多様性）。

（2）②

解説：
B は 1 つの生態系の中に，数多くの生物種が互いに相互作用しながら存在していることを示している（種多様性）。

（3）①

解説：
C は 1 つの個体群内において，遺伝的差異にもとづいて形質がばらつき，環境変動に耐えうる個体が生き残ったことを示している（遺伝的多様性）。

問2

（1）②

解説：
基盤サービスは物質生産や土壌の形成などを，調節サービスは気候の調節や水質浄化など環境変動への調節を，文化的サービスは海水浴などの文化的な楽しみのフィールドを示す。

⑵　③

解説：
富栄養化が起こると，植物プランクトンの大量増殖が発生し，水中酸素濃度の減少によって多くの生物が死滅する場合がある。

⑶　①

解説：
道路の建設などにより生息地が分断されると，遺伝的交流が減少する。分断された内部のみでの繁殖が繰り返される結果，近親交配が起こりやすくなる。近親交配による出生率の低下（近交弱勢）などが原因となり，遺伝的多様性が減少する。

Ⓒ RECRUIT
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。